

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FISIOTERAPIA NEUROLÓGICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**“EFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL EN CAPACIDADES
FÍSICAS Y PSICOMOTRICES EN PERSONAS CON SÍNDROME
DE DOWN: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS DE
ENSAYOS CONTROLADOS ALEATORIZADOS”**

Presentado por:

D. Álvaro Alba Rueda

Tutor:

D. David Manuel Lucena Antón

Curso académico 2020 / 21

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue tutelado bajo la supervisión de David Manuel Lucena, a quien me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento por colaborar en la realización de esta revisión sistemática y meta-análisis y orientarme en los momentos de incertidumbre.

Amaranta De Miguel y María Dolores Rubio merecen igualmente una especial mención en este apartado, ya que han estado presentes desde que finalicé los estudios en la Universidad de Córdoba en mi corta trayectoria como investigador. La experiencia es un grado, y dos veteranas en la investigación como ellas siempre me han sabido aconsejar de buena manera y me han tenido en cuenta para sus proyectos científicos, lo cual es de valorar.

Los compañeros de trabajo de mi empresa, Futuro Singular Córdoba, también han colaborado en este periodo apostando por mi formación, adaptándose a mis condiciones personales particulares y proporcionando todas las facilidades posibles para que fuese factible la realización de los estudios de post-grado.

Además, quiero agradecerle a mi familia su apoyo incondicional durante esta etapa. No es fácil compaginar la actividad laboral con un Máster oficial en otra ciudad, pero su presencia cercana y su empatía en todo momento con la situación vivida a lo largo del curso han hecho más amena la rutina diaria.

Por último, quiero dedicar unas palabras a esas personas que me hacían desconectar en los momentos de agobio y estrés: compañeros de clase, amigos de la infancia, gente con la que comparto actividades de ocio...en especial a Elena Montilla y a Ignacio Jesús Torronteras, sin los cuales no hubiera sido igual esta experiencia vivida.

Este Trabajo Fin de Máster va por ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	11
1.- INTRODUCCIÓN.....	13
1.1- MARCO TEÓRICO	13
1.1.1- SÍNDROME DE DOWN	13
1.1.2- REALIDAD VIRTUAL	21
1.2- ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA.....	26
1.3- JUSTIFICACIÓN	29
2.- OBJETIVOS	31
3.- METODOLOGÍA.....	33
3.1- ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	33
3.2- CRITERIOS DE SELECCIÓN	34
3.3- PROCESO DE SELECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE DATOS	35
3.4- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
3.5- RIESGO DE SESGO Y CALIDAD METODOLÓGICA	36
4.- RESULTADOS	39
4.1- SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	39
4.2- DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS	39
4.3- SÍNTESIS DE RESULTADOS	44
4.4- RIESGO DE SESGO Y CALIDAD METODOLÓGICA	48
5.- DISCUSIÓN	51
5.1- RESUMEN DE LA EVIDENCIA	51
5.2- LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....	57
5.3- CONCLUSIONES	58
6.- BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1: Estrategia de búsqueda	34
Tabla 2: Características principales de los estudios incluidos en la revisión sistemática.....	41
Tabla 3: Resultados obtenidos tras la evaluación de la calidad metodológica de acuerdo con la escala PEDro	50

FIGURAS

Figura 1: Rasgos faciales de la población con síndrome de Down	14
Figura 2: Realidad virtual no inmersiva (Wii Balance Board)	25
Figura 3: Diagrama de flujo con diferentes fases en la selección de estudios de la revisión sistemática	40
Figura 4: Diagrama de bosque para la variable fuerza medida con BOTMP	45
Figura 5: Diagrama de bosque para la variable resistencia medida con 6MWT	45
Figura 6: Diagrama de bosque para la variable equilibrio y control postural medida con BOTMP	46
Figura 7: Diagrama de bosque para la variable movilidad funcional medida con TUG.....	47
Figura 8: Riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión sistemática	48
Figura 9: Riesgo de sesgo general. Cada categoría se representa mediante porcentajes... ..	49

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

6MWT: 6-Minute Walk Test

BOTMP: Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proeficiency

DME: Diferencia de Medias Estandarizada

ECA: Ensayo clínico Controlado Aleatorizado

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo Control

IC: Intervalo de confianza

RS: Revisión sistemática

RV: Realidad Virtual

SD: Síndrome de Down

TUG: Timed Up and Go test

RESUMEN

El síndrome de Down (SD) es un trastorno genético del cromosoma 21 que dificulta adquirir capacidades físicas y psicomotrices. La realidad virtual (RV) se usa en neurorrehabilitación para tratar alteraciones físicas y motoras. El objetivo principal del estudio es comprobar la efectividad de la RV en comparación con otras intervenciones o ausencia de tratamiento en personas con SD. La búsqueda se realizó entre febrero y mayo de 2021 en PubMed, CENTRAL, CINAHL, Medline, Scopus, WOS, BioMed Central y PEDro. Los criterios de selección de estudios fueron previamente establecidos. La calidad metodológica se evaluó con la escala PEDro y el riesgo de sesgo y meta-análisis (mediante diferencia de medias estandarizada (DME) e intervalo de confianza (IC) del 95%) con Review Manager 5.3. Se incluyeron 7 artículos en la revisión sistemática y 5 de ellos en el meta-análisis. El análisis estadístico muestra resultados favorables a la RV, pero sólo de manera significativa para equilibrio y control postural (DME = 4.13; IC = 2.02 a 6.23) y movilidad funcional (DME = -1.65; IC = -2.43 a -0.87). Como conclusión, la RV presenta efectos positivos pero no es más efectiva que otras intervenciones o ausencia de tratamiento en personas con SD.

Palabras clave: Síndrome de Down, realidad virtual, rehabilitación neurológica, meta-análisis, revisión sistemática.

Abstract

Down syndrome (DS) is a genetic disorder of chromosome 21 that makes it difficult to acquire physical and psychomotor abilities. Virtual reality (VR) is used in neurorehabilitation to treat physical and motor disorders. The main objective of the study is to verify the effectiveness of VR in comparison with other interventions or lack of treatment in people with DS. The search was performed between February and May 2021 in PubMed, CENTRAL, CINAHL, Medline, Scopus, WOS, BioMed Central and PEDro. The study selection criteria were previously established. The methodological quality was assessed with the PEDro scale and the risk of bias and meta-analysis (using standardized mean difference (SMD) and 95% confidence interval (CI)) with Review Manager 5.3. Seven articles were included in the systematic review and five of them in the meta-analysis. Statistical analysis shows favorable results for VR, but only significantly for balance and postural control (SMD = 4.13; CI = 2.02 to 6.23) and functional mobility (SMD = -1.65; CI = -2.43 to -0.87). In conclusion, VR has positive effects but is not more effective than other interventions or lack of treatment in people with DS.

Keywords: Down syndrome, virtual reality, neurological rehabilitation, meta-analysis, systematic review.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1- MARCO TEÓRICO

1.1.1.- SÍNDROME DE DOWN

Definición

El síndrome de Down (SD) es un trastorno genético que se ocasiona en la mayoría de los casos por una trisomía (presencia de un cromosoma extra) completa en el par 21, lo que implica la presencia de 47 cromosomas en el cariotipo en vez de 46 cromosomas ^{1,2}.

Las primeras referencias a esta patología datan del s. XIX mediante la información aportada por Edouard Onesimus Seguin y John Langdon Down. No obstante, hasta mitad del s. XX, Jerome Lejeune no establece la relación existente entre SD y alteración cromosómica ^{3,4}.

Es frecuente que los usuarios con SD presenten deficiencias (aunque con variabilidad) en el desarrollo psicomotor por alteraciones neurológicas asociadas a este trastorno ^{1,2}:

- Anatomía: Existe un retraso madurativo de ciertas estructuras presentes en el sistema nervioso a partir del sexto mes de vida posnatal. En comparación con personas que no presentan la enfermedad, se encuentra una disminución en tamaño y en peso de los componentes del encéfalo (cerebelo, tronco del encéfalo y cerebro). También se observa una peculiar forma de este, debido a la reducción del diámetro antero-posterior craneal, el aplanamiento occipital y un menor volumen cerebral presentado en el lóbulo frontal.

- Bioquímica y fisiología: Desde los primeros meses de vida fetal, comienzan los procesos de proliferación, diferenciación y organización neuronal, los cuales se ven afectados por la presencia de esta condición. Existe un déficit por apoptosis en el

número de células gliales, interneuronas y neuronas piramidales en la corteza cerebral y en la mayoría de las regiones cerebrales examinadas, lo cual influye en la síntesis de ciertas proteínas y en el equilibrio de los principales neurotransmisores de excitación (glutamato) - inhibición (GABA) en los circuitos corticales. Simultáneamente, la menor cantidad de densidad neuronal conlleva a establecer sinapsis compensatorias funcionales entre neuronas de la corteza y tálamo. Respecto a la mielinización, se observa una menor formación de sustancia blanca sobre todo en cerebelo, ganglios basales y hemisferios cerebrales en el primer año de vida; no obstante, esto no supone un problema con la posterior maduración a lo largo de los años, excepto para aquellos tractos de fibra con un ciclo lento de mielinización.

A pesar de lo descrito anteriormente, la esperanza de vida de la población con SD ha evolucionado positivamente a lo largo de las últimas décadas, situándose actualmente entre los 55-60 años ¹.

La interrupción genética del control del ciclo celular durante la embriogénesis puede desarrollar eventos críticos que dan lugar a la aparición del característico fenotipo de las personas con SD manifestado por ^{1,3-5}:



- Baja estatura.
- Cabeza con microcefalia y braquicefalia.
- Rasgos faciales con pliegues epicánticos en los párpados, ángulo ascendente de los ojos, presencia de manchas de Brushfield en el iris (sobre todo el primer año de vida), nariz achatada, macroglosia con posible fisura en lengua protruida, orejas y boca pequeñas, labios gruesos y un cuello ancho y corto.

Figura 1. Rasgos faciales de la población con Síndrome de Down ³.

- Extremidades con dedos cortos y rechonchos, clinodactilia, un único pliegue palmar en cada mano y un amplio espacio entre los dos primeros dedos del pie.

Etiología

La edad materna avanzada (superior a 35 años) y los errores de recombinación cromosómica son los únicos factores de riesgo con evidencia científica demostrada que propician el desarrollo del SD ^{3,6}.

Aun así, existe la presencia de hipótesis que involucran para el desarrollo de esta condición el metabolismo del folato, el estilo de vida (factores dietéticos, ocupacionales, ambientales...) y factores genéticos y/o epigenéticos teniendo en cuenta la contribución de la anterior generación familiar (abuela materna) ^{3,6,7}.

Clasificación

La principal clasificación de las personas con SD se establece en función de la alteración cromosómica que causa la patología. Se puede diferenciar entre ^{2,3,8}:

- Trisomía del cromosoma 21 libre o por no disyunción: Se da en el 90-95% de los casos en donde el origen generalmente es materno (previamente a la fertilización). Aparece de manera aleatoria durante la meiosis, ya que el cromosoma adicional no se hereda.

- Mosaicismo: Aparece en el 2-4% de los casos. En esta ocasión, la disyunción ocurre tras la fertilización en dos líneas celulares (una de ellas es trisómica y la otra es euploide en el mismo embrión).

- Translocación del cromosoma 21: Con una frecuencia similar al anterior proceso, también puede originarse un desplazamiento de un segmento parcial o total del cromosoma 21 a un nuevo lugar en el genoma. Se relaciona con los cromosomas pertenecientes al grupo D (13-15) y al grupo G (21-22). Algunas formas de translocación están relacionadas con un patrón de herencia familiar.

- Otras alteraciones: Constituidas por anomalías adicionales del cariotipo relacionadas con el cromosoma 21 y representan un mínimo porcentaje del total de casos.

Epidemiología

Los datos epidemiológicos encontrados para este trastorno varían dependiendo de la bibliografía utilizada (diferentes variables socioculturales como son la ubicación, raza, aborto legalizado en cada nación, etc.) ^{2-4,6,8}.

- De manera global, en correspondencia con los datos recogidos por la Organización Mundial de la Salud, la incidencia anual estimada de recién nacidos con SD es de 1 de cada 1100 nacimientos. Por lo tanto, entre 3000-5000 niños nacen al año con esta alteración cromosómica. El número de personas actual con SD en el mundo se encuentra en controversia, pero la cifra se considera en torno a 8000000 de habitantes con una prevalencia de 1 sujeto con SD de cada 1000 personas ⁹.

- En el continente europeo, teniendo como referencia un estudio de 2020 ¹⁰, se estima que entre los años 2011-2015 hubo 7800 recién nacidos con SD, con una incidencia anual de 0,98 de cada 1000 nacimientos. No obstante, la cantidad de personas vivas con SD en Europa es de 359.000, con una prevalencia de 0,49 personas con SD por cada 1000 habitantes. Los anteriores datos numéricos tienen en cuenta la interrupción voluntaria durante el embarazo de los embriones o fetos con esta condición, cuya media europea es del 54%. Sin interrupciones voluntarias, se estima que entre 2011-2015 la incidencia anual de recién nacidos con SD hubiese sido de 2,13 de cada 1000 nacimientos, es decir, 17000 nacimientos; a su vez, la población con SD en Europa hubiese ascendido a 520000 personas, lo que hubiese supuesto una prevalencia de 0,71 habitantes con esta condición de cada 1000 europeos.

- Mediante la información obtenida por el Instituto Nacional de Estadística ¹¹ (gracias a la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008) se conoce la incidencia a nivel nacional y regional de la patología:

* En España, la prevalencia estimada de personas con SD es de 0,75 de cada

1000 individuos, suponiendo la presencia de unos 35.000 españoles con SD. Es importante destacar que este país posee la mayor tasa de Europa respecto a las interrupciones voluntarias en el embarazo de personas con esta condición (83%). La comunidad autónoma de Melilla lidera la prevalencia estimada de usuarios con la enfermedad, la cual se sitúa en 2,17 de cada 1000 habitantes ¹⁰⁻¹².

* En Andalucía, la prevalencia estimada de sujetos con esta condición es de 0,79 de cada 1000 individuos ¹¹.

Consecuencias socio-económicas

Como se ha mencionado en el apartado de “Etiología”, el estilo de vida y específicamente las condiciones socioeconómicas presentadas en el ambiente materno pueden significar un factor de riesgo a la hora de concebir un recién nacido con SD. El estatus socioeconómico bajo en el periodo prenatal está asociado con una trisomía libre del cromosoma 21 ^{6,7}.

De la misma manera, el contexto mencionado también puede llegar a influir a la hora del neurodesarrollo típico del niño con esta alteración cromosómica y en los diferentes trastornos que puede sufrir. A falta de continuar con el proceso de investigación, se hipotetiza que el acceso a sistema sanitario, la calidad de la educación, nutrición...entre otros factores pueden llegar a marcar la diferencia en los primeros años de vida. Según Arango et al. ¹³ existe un contraste marcado en la comparación de adquisición de habilidades cognitivas, de lenguaje y de desarrollo en un bajo nivel socioeconómico; no obstante, en un ambiente cómodo socioeconómicamente hablando, sólo existe una diferencia significativa a la hora del progreso en lenguaje.

Todo esto, genera una exclusión social a lo largo de la vida de las personas con SD, ya que se imponen dificultades o barreras en distintos escenarios y actividades básicas diarias. Como consecuencia, esto supone una frustración ya que se sienten en multitud de ocasiones aislados y en una posición de inferioridad y rechazo. En el artículo de Huete-García ¹² se publican resultados relevantes de una encuesta acerca de la situación vivida por los habitantes con esta condición en diversos entornos y la

evolución en los últimos años:

- Actividad económica: Aunque bastante población en edad laboral con SD reciba prestaciones económicas y el 90% esté inactiva, en los últimos años se aprecia una tendencia al alza del nivel ocupacional, sobre todo en la población joven. Con la colaboración de centros especiales de empleo con apoyo u otros organismos formadores, se ha conseguido que 1 de cada 6 personas jóvenes con esta condición acceda al mercado laboral.

- Nivel educativo: A pesar de que las antiguas generaciones prescinden de estudios y que el analfabetismo es muy alto en la población joven (superior al 30% de 15-29 años), se evidencian también resultados positivos desde principios del s. XXI.

- Dependencia funcional: Se reconoce casi en su totalidad la dependencia para realizar actividades como vestirse, comer, asearse y hacer compras. La familia o convivientes del mismo hogar son los que proporcionan los apoyos y ayuda necesaria para cada caso individual.

- Relación social: La mayoría de encuestados no suele realizar actividades culturales, recreativas o de ocio y dedican su tiempo libre a ver la tele en el domicilio con sus padres. Más de la mitad de los encuestados admite no tener oportunidades frecuentes para hacer nuevas amistades.

Por lo tanto, las adversidades para la inclusión social surgen por carencia de oportunidades, relacionadas con la falta de confianza para desarrollarse de manera autónoma. Sin embargo, en una perspectiva generacional se aprecia que con el paso del tiempo la inclusión social mejora en las personas jóvenes con SD, aunque este número se ve mermado debido a las técnicas de detección prenatal y las interrupciones voluntarias ¹².

Manifestaciones clínicas

Debido a las alteraciones neurológicas anteriormente indicadas, el cuadro clínico presentado por los usuarios con esta alteración cromosómica posee las

siguientes características ^{1-3,6}:

- Retraso mental: Normalmente es moderado, pero puede variar de leve a grave. Durante los primeros meses de vida, la adquisición de hitos del desarrollo neuromotor es normal; no obstante, en las habilidades motoras (subir y bajar escaleras), cognitivas (lenguaje verbal), ejecutivas (atención), adaptativas (aseo y vestido) ... más avanzadas se empieza a mostrar retraso evolutivo, el cual surge y persiste en la edad escolar. Las personas con SD pueden llegar a realizar tareas complejas como leer, escribir, cálculos aritméticos, etc.

- Defectos cardiorrespiratorios: Las cardiopatías se desarrollan de manera congénita en el 44-58% de los neonatos con SD debido a defectos en el septo auriculoventricular o en el septo interventricular. De igual forma, las vías respiratorias superiores también se suelen ver afectadas por infecciones o síndrome de dificultad respiratoria aguda.

- Leucemia: El 30% de los recién nacidos con esta alteración cromosómica pueden llegar a presentar leucemia, en particular leucemia megacarioblástica aguda y leucemia linfoblástica aguda.

- Alteraciones músculo-esqueléticas: Presencia de hipotonía e hiperlaxitud articular en bebés y jóvenes con esta condición. Ambas retrasan significativamente la adquisición de habilidades motoras gruesas (por ejemplo, logran sentarse en torno al año y caminar a los 2 años) lo que ralentiza el desarrollo y rendimiento en las capacidades físicas básicas y psicomotrices a lo largo de la vida. También se aumenta el riesgo de presentar dislocaciones articulares (normalmente en cadera y rodilla) y las vértebras cervicales superiores están poco desarrolladas, lo que resulta en un posible riesgo de subluxación atlantoaxial. El 1% de los niños con SD tiene síntomas de compresión de la médula espinal y aproximadamente el 0,1 % tienen un grave riesgo de deterioro neurológico, incluida la paraplejia.

- Alzheimer y demencia: Consecuencia de la pérdida progresiva de la función mental. Estas patologías se muestran de manera anticipada mediante síntomas conductuales y psicológicos en la quinta década de vida de estos individuos. Se debe

principalmente a la presencia de tres copias en genes del cromosoma 21 (siendo relevante el gen APP para la proteína precursora amiloide).

- Otras manifestaciones: Posibilidad de desarrollo de hipotiroidismo, pérdidas de audición, problemas oftálmicos (estrabismo, nistagmo, cataratas, glaucoma), anomalías en el tracto gastrointestinal (fístula traqueo-esofágica, estenosis pilórica, atresia duodenal), trastornos dermatológicos, alteraciones endocrinas, trastornos del sueño, etc. Es importante la prevención de la obesidad y de enfermedades bucodentales en estos sujetos.

Tratamiento

La actuación terapéutica transdisciplinar para el abordaje de signos y síntomas que puede llegar a manifestar una persona con SD es constante a lo largo de su vida y comienza poco después del nacimiento. La atención temprana es relevante durante los primeros años de vida, haciendo partícipe no sólo al bebé, sino también a su familia y entorno para hacer frente al diagnóstico e implicaciones a corto y largo plazo que pueden desarrollarse. Se hace hincapié en las terapias motoras, orales y educativas para estimular sobre todo la motricidad gruesa, la alimentación, el lenguaje oral y la comunicación funcional para la resolución de problemas ^{2,3}.

Referente al tratamiento farmacológico, en el capítulo redactado en 1993 por Epstein ¹ se especifica la inexistencia en ese momento de ningún medicamento aceptado para el tratamiento del SD. Al realizar una búsqueda bibliográfica más actualizada ^{2,14}, se han descrito recientemente ensayos clínicos piloto con propuestas de fármacos establecidos según la base neurobiológica de esta alteración cromosómica:

- Donepezilo y rivastigmina: Medicamentos colinérgicos utilizados en el tratamiento sintomático de déficits funcionales y cognitivos en la enfermedad de Alzheimer. En ancianos con SD existe un deterioro de la función colinérgica que da lugar a la demencia; sin embargo, estudios han demostrado un retraso significativo en la aparición de este déficit y una mejora en el desarrollo del lenguaje expresivo. En niños, se destaca una mejoría relevante en el comportamiento, dominio de habilidades

de la vida diaria y en la percepción global de los padres/cuidadores; por otra parte, no se comprueban diferencias entre grupos con medicación y placebo en el razonamiento y expresión verbal.

- Piracetam: Ejemplo de medicación psicotropa usada en la intervención terapéutica de trastornos cognitivos por una actividad parcial en los receptores glutamatérgicos. Se ha demostrado que en niños con SD en etapa preescolar es beneficioso para la comprensión y el lenguaje receptivo; no obstante, no se obtuvieron mejores puntuaciones en memoria ni en inteligencia general.

- Memantina: Fármaco indicado en las fases moderadas y graves de Alzheimer. Su mecanismo de acción consiste en antagonizar los receptores NMDA de glutamato. Existe un estudio con adultos jóvenes con SD en el que se aprecian diferencias significativas entre grupos experimental y placebo sólo en el aprendizaje verbal. No se obtuvieron resultados de interés respecto a la memoria o el reconocimiento de patrones asociados.

Es necesaria una mayor investigación en este campo, debido entre otros factores al pequeño tamaño de la muestra utilizada y a los efectos adversos que suele provocar este tipo de medicación, lo cual hace que haya dificultades para interpretar los resultados y sacar conclusiones al respecto ¹⁴.

1.1.2.- REALIDAD VIRTUAL

Concepto de realidad virtual

Aunque existan varias interpretaciones acerca de la acepción de este término ¹⁵, actualmente la realidad virtual (RV) se puede definir como (...) *el uso de simulaciones interactivas creadas mediante hardware y software de una computadora que se presenta a los usuarios con la oportunidad de participar en entornos que parecen y se sienten similares a los objetos y eventos del mundo real* (...) ¹⁶.

Se conoce como una técnica que ha aumentado su uso recientemente para la recuperación funcional de patologías, la cual ha supuesto una revolución para el

ámbito fisioterápico desde principios del actual siglo hasta el día de hoy. Esta tecnología ofrece multitud de beneficios, consolidándose como una alternativa terapéutica para las intervenciones ¹⁷. En función del modelo de interfaz utilizado y del grado de interacción del usuario con el entorno virtual generado, se distinguen diferentes sistemas de RV:

- Realidad virtual inmersiva: Supone una integración total de la persona en el mundo virtual creado. Para conseguir esta sensación tan realista, se hace uso de dispositivos electrónicos periféricos que generan estímulos por todo el cuerpo como son cascos de visualización estereoscópica, gafas de RV, guantes...Puede llegar a producir efectos adversos conocidos como “cibermareos” ¹⁸⁻²⁰.

- Realidad virtual semi-inmersiva: Consiste en la superposición de imágenes virtuales sobre un entorno físico en tiempo real. El sistema CAVE (Computer Automatic Virtual Environment) ²¹ es de frecuente uso, en donde los individuos entran a una sala que está rodeada en su totalidad por pantallas las cuales proyectan una escena virtual continua. Se suele complementar la experiencia con gafas 3D para aumentar la sensación espacial. Este sistema está más aceptado por los usuarios por la menor presencia de “cibermareos” tras realizar la sesión ^{18,22}.

- Realidad virtual no inmersiva: Implica un entorno virtual generado por el propio ordenador sin necesidad de ningún otro dispositivo. Mediante una pantalla frente al usuario, se consigue el movimiento de un avatar a partir de la interacción con un mando, ratón, teclado, plataforma digital u otros medios. Son los sistemas más accesibles y rápidamente aceptados por la comunidad, como se puede observar con las consolas comerciales de bajo coste y los videojuegos ^{18,19,23}.

Componentes de la realidad virtual

Referido a los equipos encargados de suministrar la experiencia inmersiva en el entorno virtual mediante continua transferencia de información entre el usuario y el sistema ¹⁶.

Se puede distinguir entre:

- Hardware: Sus componentes principales son el computador, los dispositivos de entrada y los periféricos de salida. Mediante los dispositivos de entrada se inicia el contacto con el mundo virtual al enviar señales (con la voz, con sensores que informan de la posición, medios apuntadores...) al computador, el cual genera imágenes al captar las acciones del participante y se provoca un “feedback” gracias a los interfaces de salida que provocan una respuesta sensorial (visual, auditiva, táctil, etc.) ^{15,19}.

- Software: Colección de herramientas cuyo objetivo es el diseño y desarrollo de entorno virtuales con la presencia de una base de datos en donde se almacena la información. Los programas de simulaciones sensorial y física tienen que ser capaces de recrear las condiciones del entorno mediante cálculo de distancias y deformaciones, movimientos de la cámara virtual o sonidos ^{15,19}.

Inmersión, Presencia e Interacción

Todos los sistemas de RV han de cumplir la regla de las 3 “íes”: inmersión, imaginación e interacción ^{17,19}. La imaginación se define como la sensación de estar presente y formar parte del mundo virtual creado por el computador, siendo el resultado de una estimulación sensorial por parte del sistema ^{17,19}. Algunas características de los conceptos abordados son las siguientes:

- Inmersión: Supone la entrada en términos “físicos” del cuerpo en un mundo virtual a través del uso de la tecnología. No implica sensaciones ni que el cuerpo se integre dentro del entorno ficticio ¹⁵. El nivel de inmersión es totalmente dependiente de la capacidad del hardware ²⁴.

- Presencia: También conocida como “inmersión mental”, la cual supone el objetivo de los creadores de los sistemas de RV ¹⁵. Para estar presente, el participante necesita sentirse dentro del entorno virtual representado lo máximo posible y evadirse del entorno físico real en donde se encuentra su cuerpo ^{16,25}. Para que se de esta sensación es importante que el usuario pueda modificar el entorno mediante el control de sensores y sus propias habilidades ²⁰. Es decir, la sensación de “estar ahí” se inspira

en la “capacidad de hacer ahí” ²⁵.

Cabe destacar la distinción llevada a cabo por varios investigadores entre los términos “presencia” e “inmersión” ya que son dos palabras relacionadas usadas juntas de forma frecuente ^{15,16,24,25}; de hecho, la inmersión es la capacidad de un dispositivo para desarrollar presencia y que así el individuo se integre en el mundo virtual ^{15,19}. Cuanto mayor sea el nivel de inmersión (la calidad de la experiencia), mayor será la presencia del usuario (reconocimiento del entorno ficticio) ²⁴.

- Interacción: Hace referencia al medio de comunicación con el sistema. Para llevar a cabo la interacción no hacen falta varios participantes, basta con 1 participante y el entorno virtual, o incluso entre objetos de este último ¹⁵. Esta puede ser en 2 dimensiones (humano-ordenador mediante ratón o teclado) o en 3 dimensiones (gracias a los cascos de RV). Algunas características que la definen son la eficacia, reacción de tiempo y participación humana ¹⁹. No se considera RV si al menos no se visualizan en el entorno ficticio los movimientos del individuo ¹⁵.

Realidad virtual y Neuro-rehabilitación

Además de la terminología mencionada en el anterior apartado, existen otros conceptos importantes en la RV enfocada en la rehabilitación de patologías como son repetición, “feedback” y motivación ²⁶:

- Repetición: Se plantea un tratamiento enfocado en tareas y ejercicios dinámicos que busca la reiteración de acciones con la finalidad de generar cambios en la corteza cerebral. Se obtiene así un aprendizaje motor y una adquisición de habilidades ²⁷.
- Feedback: Al recrearse situaciones reales de manera interactiva, el participante puede realizar movimientos muy similares a los que desarrolla en la vida real (aunque no son totalmente exactos por una menor velocidad y precisión, son potenciales para la rehabilitación neurológica) ²⁸; de hecho, se ha evidenciado la retroalimentación sensorial, la organización de la corteza cerebral y la posible recuperación de la funcionalidad por la activación de neuronas espejo

cuando se observan los movimientos de otra persona (en este caso un avatar virtual) ²⁹.

- Motivación: Conseguir la interacción física del usuario con el entorno de juego competitivo es uno de los principales objetivos de la RV ^{29,30}. Mediante alternativas económicas y de fácil disponibilidad como son los “exergames” (videojuegos que promocionan la actividad física) se puede alcanzar este incentivo mientras se disfruta de las ventajas que ofrece la RV, en este caso no inmersiva (salud física y mental, educación, productividad, comportamiento y actitudes) ^{29,31}. Se presentan en consolas comerciales como Nintendo Wii, Xbox 360 o Playstation 3 con sus correspondientes interfaces adicionales (Wii Balance Board, Microsoft Xbox Kinect y Sony Playstation Move respectivamente) que funcionan como sensores de movimiento, cámaras o acelerómetros ^{29,30}.

Las simulaciones del mundo real ofrecidas por los dispositivos de RV representan una tendencia en las últimas décadas para la intervención en neurorrehabilitación en pacientes de cualquier edad ^{16,29}. Es frecuente su uso en la terapia motora y de actividades funcionales en patologías neurológicas y músculo-esqueléticas ^{16,32}, ya que es una forma de simular las rutinas diarias del usuario en un ambiente virtual previo a la práctica en el mundo real, consta de un entrenamiento individualizado adaptado a las limitaciones presentadas y puede trabajarse cómodamente desde casa (tele-rehabilitación). Aun así, es necesaria una supervisión de los pacientes llevando a cabo un seguimiento de las sesiones para

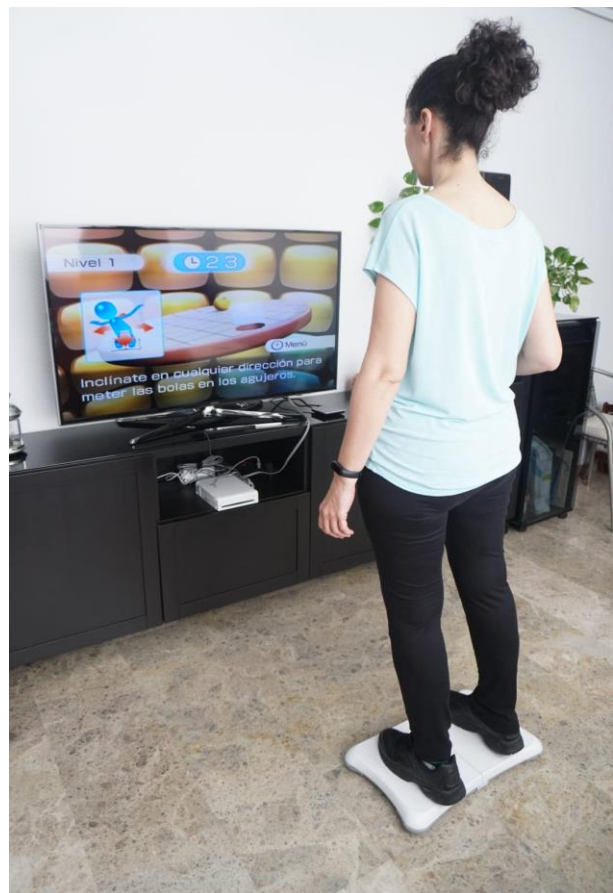


Figura 2. Realidad virtual no inmersiva (Wii Balance Board).
Fuente: Elaboración propia.

que todos los ejercicios se realicen de manera correcta y segura ³³⁻³⁵.

1.2- ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

Como resumen del marco teórico, se ha evidenciado que el SD es un trastorno genético muy prevalente en la sociedad actual que cursa, entre otras manifestaciones clínicas, con alteraciones músculo-esqueléticas que influyen en la consecución de habilidades psicomotrices y capacidades físicas. Por otra parte, la RV se posiciona cada vez más como una alternativa terapéutica para la rehabilitación de alteraciones derivadas de enfermedades neurológicas, entre ellas las deficiencias físicas y motoras, debido a su reciente aumento de uso en los últimos años.

Con la finalidad de recoger la evidencia científica de mayor calidad posible acerca de tratamientos similares a la RV testados en personas con diagnóstico de SD y de la efectividad de la terapia de RV en patologías con manifestaciones clínicas parecidas al SD, se incluye información de revisiones sistemáticas (RS) con posible meta-análisis de interés recopiladas a lo largo de los últimos 10 años (2011-2021).

En la última década, investigadores han examinado los efectos presentes en intervenciones que buscan objetivos similares a la RV como son los programas de ejercicios, la terapia física o el entrenamiento neuromuscular en ensayos clínicos en donde los participantes eran individuos con SD:

- Respecto a los programas de ejercicios, existen varias publicaciones que coinciden en la obtención de resultados significativos para el aumento de fuerza y equilibrio mediante actividades como ejercicios de soporte de peso, ejercicios de equilibrio y deambulación en tapiz rodante ³⁶⁻³⁸. En concreto, se especifica que existen resultados favorables significativos acerca de la estabilidad en postura estática y estática-dinámica para niños y sólo en postura estático-dinámica para adolescentes en el estudio de Mañano et al. ³⁶. En otras variables como los parámetros cardiorrespiratorios, la resistencia aeróbica, la propiocepción o la composición corporal, los resultados no son del todo concluyentes ya que varían en función de la publicación ^{37,38}. Por otra parte, en

el artículo de Hardee & Fetters ³⁹ se evidencia una mejora también con este tipo de intervención a la hora de realización de actividades de la vida diaria y participación social, aunque es necesaria una rigurosa investigación acerca de estos dominios de la escala CIF (Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud).

- También se destaca el estudio de Ruiz-González et al. ⁴⁰ en donde se muestran resultados significativos en el aumento de fuerza de miembros superiores e inferiores y la mejora del equilibrio medio-lateral mediante la realización de diferentes modalidades de terapia física (ejercicio terapéutico desarrollado en programas de entrenamiento de resistencia, aeróbicos o mixtos). Otras variables como la capacidad cardiovascular, la composición corporal o el equilibrio antero-posterior no varían de manera significativa en la publicación.
- Por último, se aborda el entrenamiento neuromuscular en el artículo de Sugimoto et al. ⁴¹ ofreciendo resultados concluyentes respecto a la mejora de fuerza general (en los movimientos de flexión y extensión de rodilla) y máxima fuerza muscular (en el ejercicio de prensa de piernas) en niños y adolescentes diagnosticados con SD. No obstante, no se ofrecen cambios significativos en los resultados de las pruebas de movilidad funcional realizadas.

En el mismo periodo de publicación, una considerable cantidad de literatura científica ha sido publicada acerca de la efectividad de la terapia de RV en multitud de patologías neurológicas como herramienta de rehabilitación:

- Parálisis cerebral: La aplicación de esta terapia muestra resultados positivos en la adquisición de habilidades motoras gruesas ⁴², equilibrio y control postural ^{43,44} y a corto plazo en la función de miembros superiores y miembros inferiores ⁴³, aunque la diferencia no es significativa en ninguno de los estudios.
- Autismo: En su mayoría, las revisiones de RV para esta alteración neurológica abordan variables como las funciones cognitivas, habilidades sociales, el

control emocional o la comunicación ⁴⁵. Aún así, se encuentran cambios significativos en la publicación de Fang et al. ⁴⁶ en la aptitud física mediante juego con RV en adición de actividad física estándar.

- Ictus: Respecto a la mejora de la funcionalidad de miembros superiores tras el ictus, se evidencian resultados positivos (aunque con un bajo cambio en el tamaño del efecto) en el artículo de Karamians et al. ⁴⁷, mientras que para Domínguez-Téllez et al. los resultados son inconcluyentes ⁴⁸. Por otra parte, se muestran resultados favorables aunque no significativos para la calidad de vida ⁴⁸ y el equilibrio y la marcha ⁴⁹. No obstante, debido a la heterogeneidad presente en los estudios no se puede concretar qué tipo de sistema de RV aporta mayores beneficios a las personas con esta patología.
- Lesión medular: Los resultados obtenidos por la revisión de Abou et al. ⁵⁰ evidencian que la terapia de RV (en su mayoría no inmersiva) mejora significativamente la marcha y el equilibrio en sedestación y bipedestación. En los distintos estudios de De Miguel-Rubio et al. se muestran resultados inconcluyentes para la función motora de miembros superiores ⁵¹ y la capacidad funcional ⁵² (ambos en comparación con la terapia física convencional) mientras que para el equilibrio sí se muestran resultados beneficiosos potenciales en adición de la terapia física convencional ⁵³.
- Esclerosis múltiple: En el estudio de Casuso-Holgado et al. ⁵⁴ se exponen resultados concluyentes favorables a la RV siendo más efectiva que la ausencia de tratamiento y con efectos similares al entrenamiento convencional para el equilibrio y la marcha. Para estas mismas variables, también obtiene Dalmazane et al. ⁵⁵ cambios significativos utilizando de manera domiciliaria videojuegos de RV no inmersiva (aunque los efectos en otras variables como la movilidad y caídas estén más contrastados).
- Parkinson: Se encuentran mejores resultados con la terapia de RV para varias pruebas relacionadas con el equilibrio (Berg Balance Scale, Dynamic Gait Index y Functional Gait Assessment) pero los cambios no llegan a suponer una importancia clínica relevante ⁵⁶. Por otra parte, en la publicación de Triegaardt

et al.⁵⁷ se observan diferencias significativas en la longitud de zancada y la velocidad de la marcha (al comparar con otras terapias o la ausencia de tratamiento respectivamente).

Actualmente, existen algunas RS en las que se examinan los efectos producidos por la RV en la población con SD. Sin embargo, en la literatura científica publicada hasta el momento es común englobar a los individuos con este diagnóstico dentro de un grupo de participantes que combine varias patologías con disfunciones neuromotoras y/o alteraciones del desarrollo (parálisis cerebral, Parkinson, esclerosis múltiple, ictus, ataxia espinocerebelosa progresiva, lesión medular, amputación, autismo, déficit de atención, etc.), lo cual dificulta extraer resultados concluyentes únicamente sobre los sujetos que presentan SD⁵⁸⁻⁶². Por otra parte, las RS que se centran de manera exclusiva en participantes con esta alteración cromosómica presentan limitaciones en la evidencia científica proporcionada debido a la baja cantidad de estudios incluidos, la presencia de algunos ensayos clínicos no controlados y/o no aleatorizados y como consecuencia de esto, la ausencia de meta-análisis para los datos⁶³⁻⁶⁶.

1.3- JUSTIFICACIÓN

En base a los antecedentes comentados, se puede considerar que la aplicación de la RV en neurorrehabilitación produce efectos positivos en una amplia variedad de patologías relacionadas con trastornos físicos y motores. A su vez, la literatura científica nos informa de que la realización de programas de ejercicios, terapia física y entrenamiento muscular para individuos con SD presenta cambios significativos favorables en variables como resistencia, fuerza, equilibrio y control postural, etc.

Ante la baja cantidad de publicaciones actualmente respecto a la temática abordada y la necesidad de manifestar con la mayor evidencia científica posible los efectos positivos tan consolidados que ofrece la RV en una alteración cromosómica tan frecuente como es el SD, se plantea la realización de la siguiente RS y meta-análisis.

2.- OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

- Comprobar la efectividad de los sistemas de RV en comparación con otras intervenciones o la ausencia de tratamiento en personas con SD.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los efectos positivos que pueden desarrollarse con esta intervención respecto a las capacidades físicas y psicomotrices de los sujetos que presentan esta alteración cromosómica.
- Conocer las diferentes opciones terapéuticas ofrecidas mediante RV para el tratamiento de personas con SD.

3.- METODOLOGÍA

El presente Trabajo Fin de Máster consiste en una RS y meta-análisis elaborado de acuerdo con las directrices establecidas en la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) ⁶⁷ (Checklist 2009 presente en Anexos) y se encuentra actualmente registrado y actualizado en la base de datos de PROSPERO (International prospective register of systematic reviews) (CRD 42021238335).

3.1- ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se realizó entre los meses de febrero y mayo de 2021 en las siguientes bases de datos electrónicas cuyo acceso fue proporcionado por los recursos ofrecidos por la Universidad de Córdoba y la Universidad de Cádiz: PubMed, CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), CINAHL (Cumulative Index to Nursing & Allied Health Literature), Medline, Scopus, WOS (Web of Science), BioMed Central y PEDro (Physiotherapy Evidence Database).

Los términos descriptores MeSH (Medical Subject Headings) conectados mediante operadores booleanos utilizados en cada base de datos y los resultados de la búsqueda se detallan en la Tabla 1.

No se aplicó ningún filtro previo a la realización de la estrategia de búsqueda. No se establecieron restricciones de idiomas ni limitaciones respecto a la fecha de publicación de los estudios encontrados.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.

BASE DE DATOS	NÚMERO DE ARTÍCULOS	TÉRMINOS DE BÚSQUEDA
PubMed	25	("Down Syndrome" OR "Mongolism" OR "47, XY, +21" OR "Trisomy G" OR "47, XX, +21" OR "Trisomy 21") AND ("virtual reality exposure therapy" OR "virtual reality" OR "augmented reality" OR "virtual systems" OR "video games" OR "videogame" OR "exergaming" OR "exergames" OR "commercial games" OR "play-based therapy")
CENTRAL	13	
CINAHL	21	
Medline	28	
Scopus	84	
WOS	67	
BioMed Central	16	
PEDro	5	"Down Syndrome" AND "virtual reality"

3.2- CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios establecidos para la inclusión de estudios se basaron en la estrategia de investigación PICOS (Población; Intervención; Comparación; Outcome/Resultado; Diseño de estudio) ⁶⁸:

P) Población: Niños y adultos diagnosticados con SD.

I) Intervención: Tratamiento basado en juego a través de RV en cualquiera de sus modalidades (inmersiva, semi-inmersiva o no inmersiva), usada en adición o no de un programa específico de entrenamiento o terapia convencional.

C) Comparación: Ausencia de tratamiento, actividades rutinarias usuales u otras terapias.

O) Outcome/Resultado: Las variables de estudio se relacionan con las capacidades físicas y psicomotrices de los participantes: fuerza, resistencia, velocidad y agilidad, flexibilidad, equilibrio y control postural, coordinación, movilidad funcional y motricidad fina.

S) Diseño de estudio: Ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECA).

Los artículos de esta RS se excluyeron en caso de que la muestra seleccionada constara de algún participante sin la alteración cromosómica mencionada (individuos sanos con desarrollo normal o patologías de etiología y/o manifestaciones clínicas similares a SD).

3.3- PROCESO DE SELECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE DATOS

La búsqueda bibliográfica de información se realizó en las bases de datos electrónicas (con la correspondiente estrategia establecida) comentadas previamente y también se revisó la bibliografía de estos estudios con la finalidad de encontrar más publicaciones que cumpliesen los criterios de selección acordados. Después de esto, se excluyeron aquellos artículos que estaban duplicados. Posteriormente, se revisó el título y el resumen de los estudios y se prescindió de aquellos con una temática distinta o cuyo diseño de estudio no era un ensayo clínico. Finalmente, se evaluó el texto completo de las publicaciones restantes y se filtraron los artículos que no cumplían los criterios de selección establecidos. Los estudios restantes fueron incluidos en la RS y se realizó un meta-análisis de los datos de aquellas publicaciones que utilizan el mismo instrumento de medida para las variables especificadas.

Los datos extraídos de cada uno de los artículos finalmente cribados fueron los siguientes:

- Autor/es del estudio y año de publicación.
- Participantes del estudio: Incluye el número total de individuos distribuidos por sexo (hombre/mujer), características y muestra perteneciente a cada grupo de estudio (experimental (GE) o control (GC)) con su edad media incluida \pm desviación estándar.
- Intervención realizada: Se especifica el tratamiento llevado a cabo en el GE y

GC. Además, se concreta la duración (minutos/sesión y tiempo total en semanas) y frecuencia (sesiones/semana) de la intervención.

- Variables de estudio e instrumentos de medida utilizados.
- Resultados principales tras la intervención: Según la información proporcionada por la publicación, se concretan las diferencias significativas pre-post intervención dentro de GE y GC de forma individual (intragrupo) o entre estos (GE/GC).

3.4- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El meta-análisis se realizó mediante el programa “Review Manager 5.3”⁶⁹ con el objetivo de obtener diagramas de bosque (forest plot) comparando las intervenciones relativas a los GE y GC para una misma variable de estudio.

Para el análisis de los cambios en el tamaño del efecto se aplicó la diferencia de medias estandarizada (DME) entre los grupos (post-intervención menos pre-intervención) con un intervalo de confianza (IC) del 95%, utilizando el método IV (inverse-variance) al tratarse de variables continuas y en función de la homogeneidad (mediante el estadístico I^2 y la prueba chi-cuadrado) se utilizó el modelo de efectos fijos ($p \geq 0.05$) o de efectos aleatorios ($p < 0.05$).

Se presentaron meta-análisis de los resultados en caso de que los estudios incluidos midieran una misma variable con el mismo instrumento de medición. Los artículos que recogieron las variables mencionadas pero no con las condiciones comentadas previamente no se incluyeron dentro del análisis de datos.

3.5- RIESGO DE SESGO Y CALIDAD METODOLÓGICA

El riesgo de sesgo de los estudios se llevó a cabo mediante el programa “Review Manager 5.3”⁶⁹ en el cual se presentan una serie de ítems de evaluación individualizada para cada publicación y que se clasifican en riesgo bajo, riesgo

incierto o riesgo alto. En adición, se presentó un resumen global del riesgo de sesgo de la RS incluyendo porcentajes de los criterios anteriormente evaluados.

Con la finalidad de evaluar la calidad metodológica de los ECA incluidos se ha empleado la escala PEDro, una herramienta específica de ensayos clínicos de intervenciones en fisioterapia ⁷⁰. La escala PEDro ofrece una importante fuente de información para apoyar la práctica basada en evidencias clínicas de estudios experimentales. Presenta una serie de ítems para identificar de forma rápida la validez externa (criterio 1, el cual no se incluye en la puntuación final), la validez interna (criterios 2-9) y la información estadística para la interpretación de resultados (criterios 10 y 11) de ensayos clínicos. Dependiendo de la puntuación obtenida, se clasifican los estudios como de calidad baja (menor de 4), moderada (4-5), buena (6-8) o excelente (9-10) ⁷¹.

4.- RESULTADOS

4.1- SELECCIÓN DE ESTUDIOS

El proceso llevado a cabo para selección de estudios incluidos en la RS y meta-análisis se realizó siguiendo las recomendaciones PRISMA ⁶⁷. De manera visual, se presenta el protocolo mediante un diagrama de flujo (Figura 3).

A raíz de la búsqueda de información especificada en las 8 bases de datos (PubMed, CENTRAL, CINAHL, Medline, Scopus, WOS, BioMed Central y PEDro) se encuentran un total de 259 artículos potenciales, de los cuales finalmente se incluyeron 7 estudios en la RS ⁷²⁻⁷⁸ y 5 en el meta-análisis de datos ^{72-74, 76,78}.

4.2- DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Como puede observarse en la Tabla 2, un total de 292 sujetos participaron en los estudios incluidos en esta RS. Todos los participantes (hombres y mujeres) de los 7 ECA incluidos en la RS presentan el diagnóstico de SD. Sin embargo, la edad de la muestra difiere según el artículo elegido entre niños (de 6 a 13 años) ^{72,73,75,77}, adolescentes (entre 13 y 18 años) ⁷⁴ y adultos (mayores de 18 años) ^{76,78}. La media de individuos en los estudios ⁷²⁻⁷⁸ es de $41,71 \pm 39,53$ personas (por lo que las cantidades son muy dispares en función de la publicación). En todos los artículos los participantes se encuentran divididos de manera aleatoria en dos grupos de intervención:

-En el GE de todos los estudios se aplica RV no inmersiva, siendo el principal utensilio utilizado la consola Wii (mediante juegos como Wii Sports, Wii Fit o Just Dance 2) ya sea de manera independiente ^{73,76,77} o con la adición de un programa específico de entrenamiento o terapia convencional ^{72,74,78}. No obstante, en el artículo de Gouveia-Reis et al. ⁷⁵ se hace uso de otro dispositivo como es el Xbox 360 Kinect (con el juego Kinect Adventures).

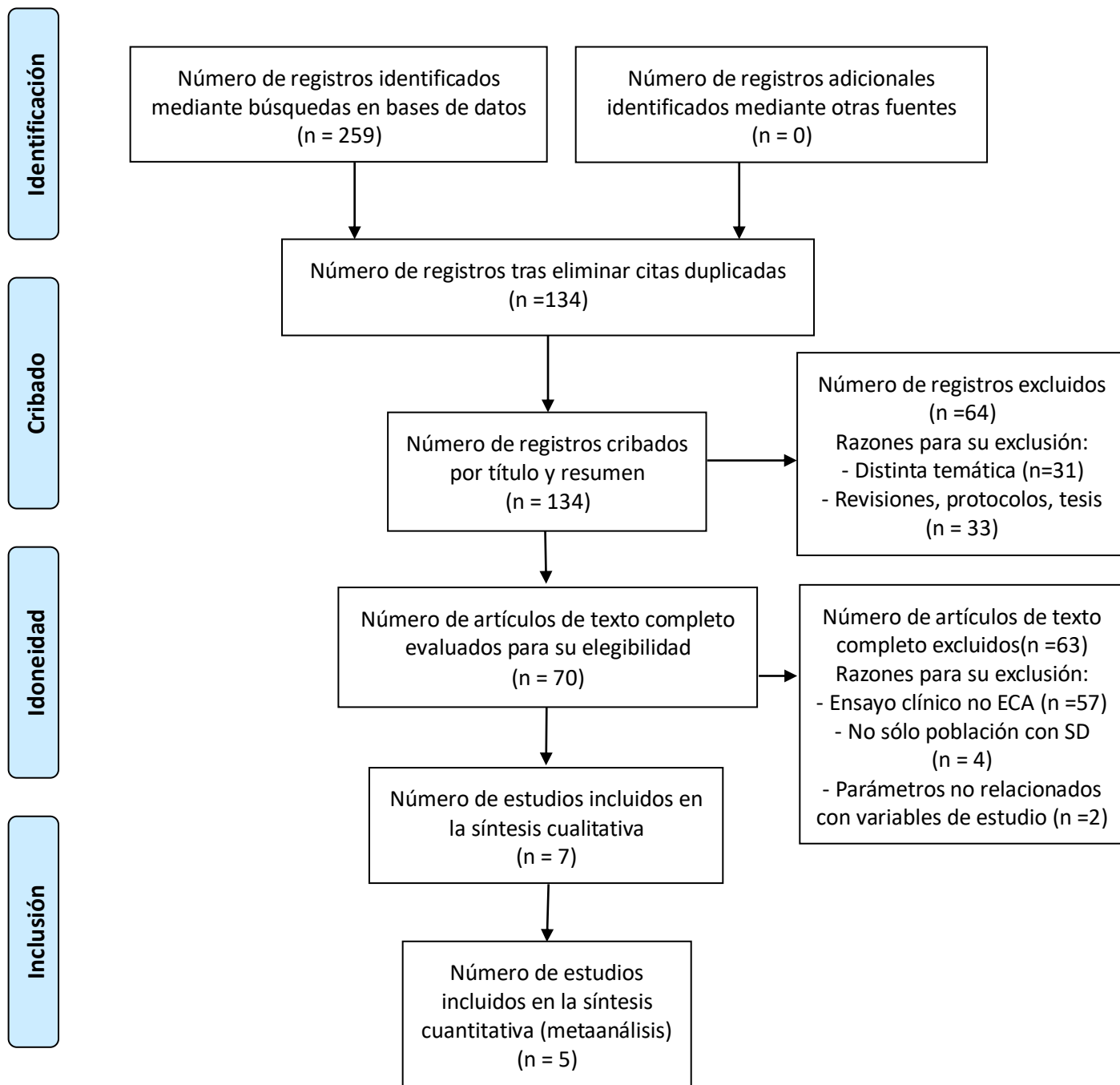


Figura 3. Diagrama de flujo con las diferentes fases en la selección de estudios de la revisión sistemática

Tabla 2. Características principales de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

ESTUDIO	PARTICIPANTES			INTERVENCIÓN			VARIABLE DE ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDIDA	RESULTADOS
	N (H/M)	CARACTERÍSTICAS	GE/GC: n (EDAD ± DE)	GE	GC	DURACIÓN Y FRECUENCIA			
Abdel-Rahman (2010) ⁷²	30 (13/17)	-Edad entre 10-13 años - Retraso mental (CI: 36-67) - Bipedestación y deambulación autónoma - No enfermedad cardiovascular ni limitaciones ortopédicas	GE: 15 (10.92 ± 1.16) GC: 15 (11.56 ± 0.44)	GC + RV con Wii: 3 juegos Wii-Fit	Terapia física tradicional (ejercicios de fuerza, deambular y escaleras)	6 semanas 2 sesiones/semana 60 min/sesión	1) Equilibrio y control postural	1) BOTMP	Diferencias significativas intragrupo: 1) GE: p=0.000 GC: p=0.017
Wuang et al. (2011) ⁷³	105 (NE/NE)	-Edad entre 7-12 años	GE: 52 (NE ± NE) GC: 53 (NE ± NE)	RV con Wii	Terapia ocupacional estándar	24 semanas 2 sesiones/semana 60 min/sesión	1) Motricidad fina 2) Coordinación 3) Equilibrio y control postural 4) Velocidad y agilidad 5) Fuerza	1) BOTMP (PR, INT y DEST) 2) BOTMP (BIL y MS), VMI 3) BOTMP y TSIF 4) BOTMP (VAGC) 5) BOTMP	Diferencias significativas GE/GC: 1) BOTMP INT (p<0.03) 2) BOTMP MS (p<0.03) VMI (p<0.03) 3) TSIF (p<0.03) 4) BOTMP VAGC (p<0.03)
Lin & Wuang (2012) ⁷⁴	92 (43/49)	-Edad entre 13-18 años - Comprensión de órdenes sencillas - CI: GE: 52 ± 11.1 GC: 53 ± 12.2 - Altura (m): GE: 1.53 ± 0.08 GC: 1.51 ± 0.06 - Peso (kg): GE: 57.2 ± 10.2 GC: 58.8 ± 9.9	GE: 46 (15.6 ± 3.6) GC: 46 (14.9 ± 3.9)	Calentamiento + Estiramientos y deambular + Elección entre 15 juegos Wii Sports	Ausencia de tratamiento	6 semanas 3 sesiones/semana 35 min/sesión	1) Fuerza 2) Velocidad y agilidad	1) BOTMP y DP (medida en EC, FC, AC, FR, ER y FPT) 2) BOTMP (AG), SR	Diferencias significativas GE/GC: 1) BOTMP (p=0.02) DP EC (p=0.010) DP FC(p=0.018) DP AC (p=0.004) DP FR(p=0.029) DP ER (p=0.031) DP FPT (p=0.011) 2) BOTMP AG (p=0.01) SR (p=0.01)

Tabla 2. (Continuación)

ESTUDIO	PARTICIPANTES			INTERVENCIÓN			VARIABLE DE ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDIDA	RESULTADOS
	N (H/M)	CARACTERÍSTICAS	GE/GC: n (EDAD \pm DE)	GE	GC	DURACIÓN Y FRECUENCIA			
Gouveia-Reis et al. (2017) ⁷⁵	12 (NE/NE)	<ul style="list-style-type: none"> - Comprensión de órdenes sencillas - Peso (kg): GE: 35.25 ± 9.8 GC: 29.46 ± 10.69 - Altura (m): GE: 1.32 ± 0.19 GC: 1.20 ± 0.14 - IMC (kg/m²): GE: 20.30 ± 4.08 GC: 19.69 ± 3.35 	GE: 7 (9 \pm 2.5) GC: 5 (8 \pm 2.5)	GC + RV con Xbox 360 Kinect (2 juegos Kinect adventures)	Actividades rutinarias usuales	4 semanas 4 sesiones/semana 20 min/sesión	1) Coordinación 2) Equilibrio y control postural	1) KTK 2) PBS	Diferencias significativas intragrupo: 1) GE: p=0.01 Diferencia significativa GE/GC: 2) PBS (p=0.01)
Silva et al. (2017) ⁷⁶	25 (NE/NE)	<ul style="list-style-type: none"> -Edad entre 18-60 años - Sujetos sedentarios sin alteraciones sensoriales ni neuromusculares 	GE: 12 (NE \pm NE) GC: 13 (NE \pm NE)	RV con Wii: Wii Fit, Wii Sports, Wii Sports Resorts y Just Dance 2	Actividades rutinarias usuales	9 semanas 3 sesiones/semana 60 min/sesión	1) Velocidad y agilidad 2) Fuerza 3) Equilibrio y control postural 4) Flexibilidad 5) Resistencia 6) Movilidad funcional	1) PTT, SR, BOTMP (RVel) 2) HT, SBJ, 30SSU 3) FBT 4) SAR 5) BAH, 6MWT 6) TUG	Diferencias significativas GE/GC: 1) PTT (p=0.045) SR (p=0.014) 2) SBJ (p=0.003) 30SSU (p=0.040) 4) SAR (p=0.027) 5) 6MWT (p=0.005) 6) TUG (p=0.049)

Tabla 2. (Continuación)

ESTUDIO	PARTICIPANTES			INTERVENCIÓN			VARIABLE DE ESTUDIO	INSTRUMENTO DE MEDIDA	RESULTADOS
	N (H/M)	CARACTERÍSTICAS	GE/GC: n (EDAD ± DE)	GE	GC	DURACIÓN Y FRECUENCIA			
Gómez-Álvarez et al. (2018) ⁷⁷	16 (13/3)	- Edad entre 6-12 años - Peso (kg): GE: 28.25 ± 9.48 GC: 34.29 ± 11.27 - Altura (cm): GE: 125.30 ± 11.45 GC: 127.57 ± 16.16 - IMC (kg/m ²): GE: 17.54 ± 3.12 GC: 20.56 ± 3.74	GE: 9 (8.30 ± 2.06) GC: 7 (8.43 ± 1.62)	RV con Wii: 5 juegos Wii Fit	Actividades rutinarias usuales	5 semanas 2 sesiones/semana 20 min/sesión	1) Equilibrio y control postural 2) Movilidad funcional 3) Motricidad fina	1) RombergLag (CP OA y CP OC) 2) TGMD 2 3) TGMD 2	Diferencias significativas intragrupo: 1) CP OC:GE: p=0.039 3) GE: p=0.010
Perrot et al. (2021) ⁷⁸	12 (6/6)	- Edad entre 35-64 años - Sujetos sin alteraciones neuromusculares y deambulación autónoma - Comprensión de órdenes sencillas - IMC (kg/m ²): GE: 28.6 ± 5.0 GC: 26.2 ± 5.8	GE: 6 (49.3 ± 8.2) GC: 6 (51.4 ± 6.7)	Calentamiento + RV con Wii: 2 juegos Wii Sports y 4 juegos Wii Fit + Vuelta a la calma	Actividades rutinarias usuales	12 semanas 2 sesiones/semana 60 min/sesión	1) Movilidad funcional 2) Resistencia	1) TUG, TUDS 2) 30SCST, 6MWT	Diferencias significativas GE/GC: 1) TUG (p<0.001) TUDS (p<0.001) 2) 30SCST (p<0.005) 6MWT (p<0.005)
Abreviaturas y acrónimos: 6MWT = 6-Minute Walk Test; 30SCST = 30-Seconds Chair Stand Test; 30SSU = 30-Second Sit-Ups; AC = Abductores de Cadera; AG = Agilidad; BAH = Bent Arm Hang; BIL = Bilateral; BOTMP = Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proeficiency; CI = Coeficiente Intelectual; CP = Centro de Presión; DE = Desviación Estándar; DEST = Destreza; DP = Dinamómetro Portátil; EC = Extensores de Cadera; ER = Extensores de Rodilla; FBT = Flamingo Balance Test; FC = Flexores de Cadera; FPT = Flexores Plantares de Tobillo; FR = Flexores de Rodilla; GE = Grupo Experimental; GC = Grupo Control; H = Hombre; HT = Handgrip Test; IMC = Índice de Masa Corporal; INT = Integración; KTK = Körperkoordinatonstest Für Kinder; M = Mujer; MS = Miembro Superior; N = Número total de individuos; NE = No Especificado; n = muestra en cada grupo de intervención; OA = Ojos Abiertos; OC = Ojos cerrados; PBS = Pediatric Balance Scale; PR = Precisión; PTT = Plate Tapping Test; p = Nivel de significancia; RV = Realidad Virtual; RVel = Respuesta de Velocidad; SAR = Sit and Reach; SBJ = Standing Broad Jump; SR = Shuttle Run; TGMD 2 = Test of Gross Motor Development; TSIF = Test of Sensory Integration Function; TUDS = Timed Up and Down Stairs test; TUG = Timed Up and Go test; VAGC = Velocidad y Agilidad en Carrera; VMI = Test of Visual Motor Integration.									

- Respecto al GC, se observa que un estudio no ofrece ningún tipo de tratamiento (por desarrollar la misma intervención que el GE una vez finalice la investigación) ⁷⁴, mientras que en 4 artículos los individuos siguen llevando a cabo actividades rutinarias usuales sin cambios en su estilo de vida ⁷⁵⁻⁷⁸. En las publicaciones restantes, las intervenciones consisten en realizar terapia física tradicional (ejercicios de fuerza, deambular y escaleras) ⁷² y en el desarrollo de un programa de terapia ocupacional estándar ⁷³.

4.3- SÍNTESIS DE RESULTADOS

Los resultados tras la intervención se muestran según la variable estudiada, concretando los distintos artículos que la abordan y el instrumento de medida utilizado en cada una de estas.

Fuerza

Se ha realizado un meta-análisis para los datos recogidos en Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP) en donde se extrae en base al diagrama de bosque que el resultado no es concluyente. Se obtuvieron resultados favorables para el GE en ambos estudios ^{73,74} pero sólo se dieron resultados estadísticamente significativos en la publicación de Lin & Wuang ⁷⁴ (Figura 4).

En la revisión, se encuentra que no existe diferencia significativa entre GE y GC para la fuerza evaluada con Handgrip Test ⁷⁶. No obstante, con el resto de instrumentos de medida se encuentran cambios significativos entre los grupos en Standing Broad Jump ⁷⁶, dinamómetro portátil ⁷⁴ (enfocado en flexores, extensores y abductores de cadera, flexores y extensores de rodilla y flexores plantares de tobillo) y 30-Seconds Sit-Ups ⁷⁶.

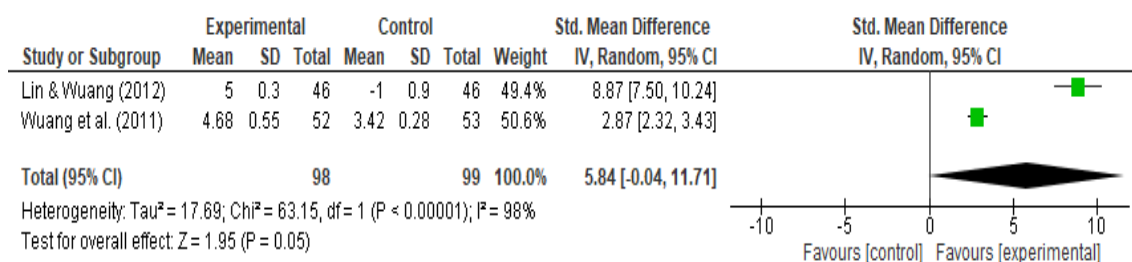


Figura 4. Diagrama de bosque para la variable fuerza medida con BOTMP.

Resistencia

Se ha realizado un meta-análisis para los datos recogidos en 6-Minute Walk Test (6MWT) en donde se extrae en base al diagrama de bosque que el resultado no es concluyente. Se obtuvieron resultados favorables para el GE en ambos estudios ^{76,78} aunque se destacan de manera más significativa los resultados del artículo de Silva et al. ⁷⁶ (Figura 5).

En la revisión, se encuentra que no existe diferencia significativa entre GE y GC para la resistencia medida con Bent Arm Hang ⁷⁶. Sin embargo, se aprecian cambios significativos entre los grupos en 30-Seconds Chair Stand Test ⁷⁸.

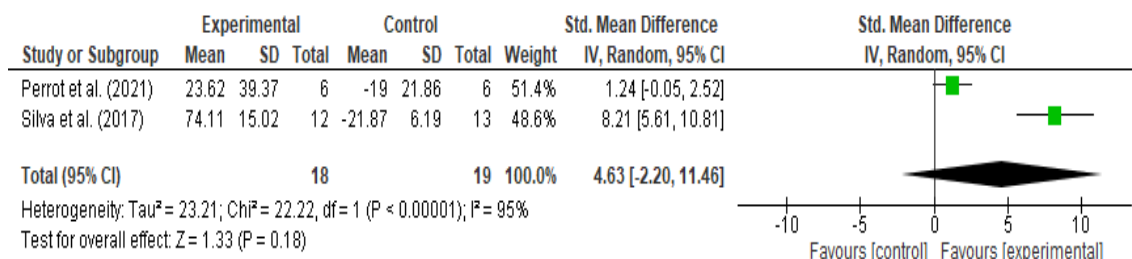


Figura 5. Diagrama de bosque para la variable resistencia medida con 6MWT.

Velocidad y Agilidad

La diferencia en los resultados entre GE y GC no resulta significativa para la velocidad y agilidad en BOTMP (sub-test de respuesta de velocidad) ⁷⁶. Aunque dentro de este mismo instrumento de medida, sí existen cambios significativos entre los grupos para otros sub-test como son: Agilidad ⁷⁴ o velocidad y agilidad en carrera ⁷³. De la misma manera, también existen contrastes significativos entre grupos para otros

instrumentos de medida diferentes como son Plate Tapping Test ⁷⁶ y Shuttle Run ^{74,76}.

Flexibilidad

Exclusivamente en el estudio de Silva et al. ⁷⁶ se observa que la flexibilidad con la prueba de Sit And Reach difiere de forma significativa entre GE y GC.

Equilibrio y Control Postural

Se ha realizado un meta-análisis para los datos recogidos en BOTMP en donde se extrae en base al diagrama de bosque que el resultado es favorable al GE de manera concluyente. En ambos estudios ^{72,73} se dieron diferencias entre grupos de forma estadísticamente significativa (Figura 6).

En la revisión, se encuentra que no se ofrece una diferencia significativa entre GE y GC al comparar el equilibrio y control postural en Flamingo Balance Test ⁷⁶ ni intragrupo (tanto para GE como para GC) en RombergLag (centro de presión con ojos abiertos) ⁷⁷. No obstante, sí se observan cambios significativos entre los grupos en Test of Sensory Integration Function ⁷³ y Pediatric Balance Scale ⁷⁵ e intragrupo (sólo para el GE) en RombergLag (centro de presión con ojos cerrados) ⁷⁷.

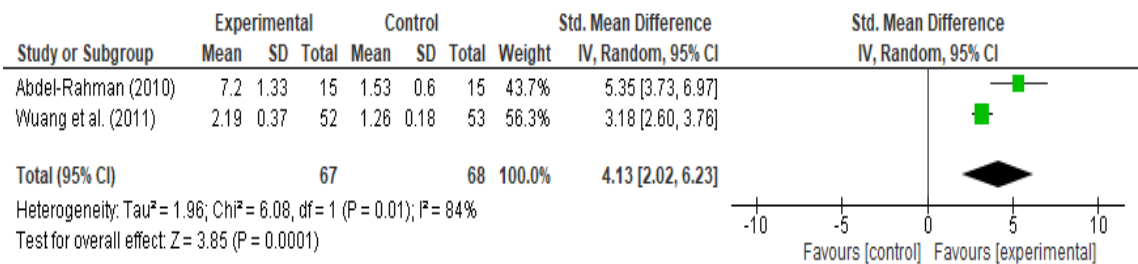


Figura 6. Diagrama de bosque para la variable equilibrio y control postural medida con BOTMP.

Coordinación

No existe diferencia significativa entre GE y GC para la coordinación medida con BOTMP (sub-test bilateral) ⁷³. Sin embargo, existen cambios significativos entre los grupos para BOTMP (sub-test de miembro superior) ⁷³ y Test of Visual Motor

Integration ⁷³ e intragrupo (sólo para el GE) en Körperkoordinatonstest Für Kinder ⁷⁵.

Movilidad funcional

Se ha realizado un meta-análisis para los datos recogidos en Timed Up and Go test (TUG) en donde se extrae en base al diagrama de bosque que el resultado es favorable al GE de manera concluyente. En ambos estudios ^{76,78} se dieron diferencias entre grupos de forma estadísticamente significativa (Figura 7).

En la revisión, se encuentra que no existe diferencia significativa intragrupo (tanto para GE como para GC) al medir la movilidad funcional con Test of Gross Motor Development, concretamente en el sub-test de locomoción ⁷⁷. No obstante, se encuentran cambio significativos entre los grupos para Timed Up and Down Stairs test ⁷⁸.

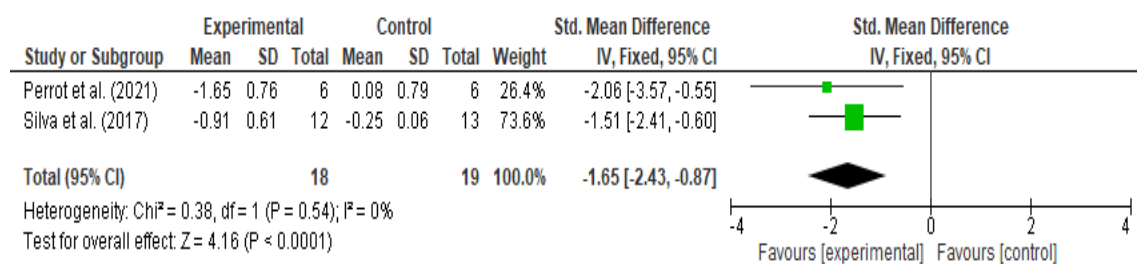


Figura 7. Diagrama de bosque para la variable movilidad funcional medida con TUG.

Motricidad fina

No existe diferencia significativa entre GE y GC para la motricidad fina medida con BOTMP (sub-tests de precisión y destreza) ⁷³. Sin embargo, se observan cambios significativos entre grupos en otro sub-test dentro de este instrumento (sub-test de integración) ⁷³ e intragrupo (sólo en el GE) en Test of Gross Motor Development (sub-test de manipulación) ⁷⁷.

4.4- RIESGO DE SESGO Y CALIDAD METODOLÓGICA

Después de la evaluación del riesgo de sesgo para cada uno de los ensayos clínicos de esta RS, se confirma que la publicación que cuenta con un menor riesgo de sesgo es la de Lin & Wuang ⁷⁴ y el artículo con un mayor riesgo de sesgo es el de Abdel-Rahman ⁷² (Figura 8).

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Other bias
Abdel-Rahman (2010)	+	-	-	-	-	?	?
Gomez-Alvarez et al. (2018)	+	-	-	-	+	?	?
Gouveia-Reis et al. (2017)	+	-	-	-	+	+	?
Lin & Wuang (2012)	+	-	-	+	+	?	+
Perrot et al. (2021)	+	-	-	-	+	+	?
Silva et al. (2017)	+	+	-	+	-	-	?
Wuang et al. (2011)	+	-	-	+	-	?	?

Figura 8. Riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

A su vez, en el resumen global del riesgo de sesgo de la RS se aprecia que el menor riesgo de sesgo en los estudios se encuentra en el criterio de generación de secuencia aleatoria (0% al tratarse de ECA) seguido de datos de resultados incompletos (43%), mientras que el mayor valor (100%) se encuentra en el ciego de los participantes

y terapeutas (Figura 9).

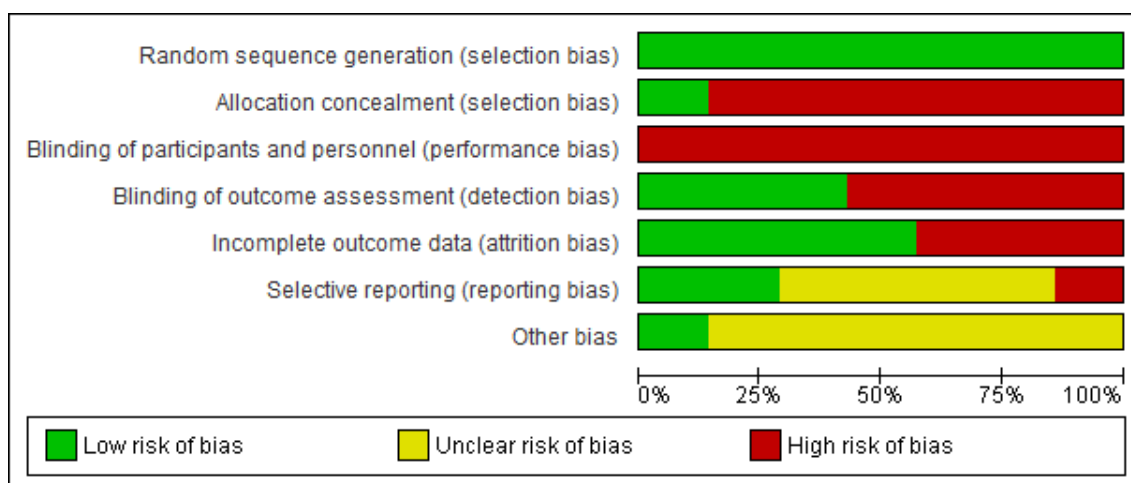


Figura 9. Riesgo de sesgo general. Cada categoría se representa mediante porcentajes.

Las puntuaciones obtenidas en la escala PEDro para los artículos incluidos muestran en general una calidad metodológica alta (con una media de 6 ± 1 puntos). La calificación más alta se registró en las publicaciones de Lin & Wuang⁷⁴ y Silva et al.⁷⁶ con una nota de 7 puntos, mientras que la puntuación más baja se detecta en el estudio de Abdel-Rahman⁷² con una calificación de 4 puntos. Los criterios C1,C2,C4,C10 y C11 se cumplen en todos los ensayos clínicos, no obstante, los criterios C5 y C6 carecen de puntuación (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados obtenidos tras la evaluación de la calidad metodológica de acuerdo con la escala PEDro

		Sesgos de selección				Sesgos de actuación		Sesgos de detección		Sesgos de desgaste			
ESTUDIO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	PUNTUACIÓN TOTAL	CALIDAD METODOLÓGICA
Abdel-Rahman (2010) ⁷²	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	Moderada
Wuang et al. (2011) ⁷³	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6	Alta
Lin & Wuang (2012) ⁷⁴	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7	Alta
Gouveia-Reis et al. (2017) ⁷⁵	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	Alta
Silva et al. (2017) ⁷⁶	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7	Alta
Gómez-Álvarez et al. (2018) ⁷⁷	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	Alta
Perrot et al. (2021) ⁷⁸	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	Alta

Nota: “1” indica que un estudio cumple ese criterio en particular, “0” significa que ese estudio no cumple el criterio o que no aporta suficiente información para asegurarlo. C1= los criterios de elección han sido especificados (no aplicado para calcular la puntuación de los artículos en la escala PEDro). C2= los participantes se repartieron de manera aleatoria en grupos. C3= la asignación del tratamiento se hizo de manera oculta. C4= los grupos tenían características similares al inicio del estudio. C5=ciego de los participantes. C6= ciego de los terapeutas que administran el tratamiento. C7= ciego de los asesores que recogen las mediciones. C8= Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. C9= Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”. C10= Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. C11= El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

5.- DISCUSIÓN

5.1- RESUMEN DE LA EVIDENCIA

Esta RS y meta-análisis se desarrolla con la finalidad de conocer los efectos que puede producir la terapia de RV al compararla con otras intervenciones o ausencia de tratamiento en personas diagnosticadas con SD con la mayor evidencia científica posible. Para este propósito, es conveniente destacar que, bajo nuestro conocimiento, esta publicación es la pionera en la realización de un meta-análisis de los datos de las variables encontradas en los estudios incluidos (los cuales son todos ECA) para la temática abordada. Las capacidades físicas y psicomotrices abordadas en los estudios seleccionados para la presente revisión y en las cuales se presenta un efecto positivo de la RV son: fuerza ^{73,74,76}, resistencia ^{76,78}, velocidad y agilidad ^{73,74,76}, flexibilidad ⁷⁶, equilibrio y control postural ^{72,73,75-77}, coordinación ^{73,75}, movilidad funcional ⁷⁶⁻⁷⁸ y motricidad fina ^{73,77}; no obstante, debido a la heterogeneidad de los instrumentos de medida utilizados en las variables, el meta-análisis sólo se ha realizado en fuerza ^{73,74}, resistencia ^{76,78}, equilibrio y control postural ^{72,73} y movilidad funcional ^{76,78}. Como resultado de este análisis de datos, se evidencia que la intervención con RV produce efectos favorables sobre las variables fuerza (DME = 5.84; IC = -0.04 a 11.71) , resistencia (DME = 4.63; IC = -2.20 a 11.46), equilibrio y control postural (DME = 4.13; IC = 2.02 a 6.23) y movilidad funcional (DME = -1.65; IC = -2.43 a -0.87), aunque sólo se obtienen cambios estadísticamente significativos en la mejora de equilibrio y control postural y movilidad funcional.

Al igual que en este estudio, se han publicado también otras revisiones previas en la literatura científica que evalúan los cambios experimentados mediante la intervención de RV o similar en las capacidades físicas y psicomotrices para la población con SD:

- En publicaciones que realizan una RS de intervenciones similares a la RV en individuos con SD ³⁶⁻⁴¹, los resultados difieren según la variable estudiada:

* Las conclusiones obtenidas son similares a las presentadas en este estudio para

las variables fuerza (mediante la combinación de ejercicios cardiovasculares y de fuerza ³⁷, realizando ejercicio regular ³⁸, con entrenamiento de resistencia para miembros superiores e inferiores ⁴⁰ y realizando movimientos de flexión y extensión de rodilla y ejercicio de prensa de piernas ⁴¹) y equilibrio y control postural (mediante programas de ejercicios ^{36,37}, entrenamiento de fuerza ³⁸ y con terapia de vibración para los desplazamientos medio-laterales ⁴⁰) ya que muestran resultados significativos a favor de la terapia de RV.

* Las conclusiones obtenidas son contradictorias a las presentadas en este estudio para las variables resistencia (mejora significativa en miembros superiores pero resultados inconcluyentes para miembros inferiores al evaluar la efectividad de los ejercicios progresivos de resistencia ³⁷) y movilidad funcional (resultados inconcluyentes para las pruebas Timed Up and Down Stairs test y Grocery Shelving Task ⁴¹) aunque no pueden considerarse sólidas ya que se atribuyen a una sola revisión en cada variable de estudio.

- Revisiones anteriores que utilizan la RV en la población que presenta patologías con disfunciones neuromotoras y/o alteraciones del desarrollo (en donde se incluye el SD) ⁵⁸⁻⁶² o se centran de manera exclusiva en la alteración cromosómica mencionada ⁶³⁻⁶⁶, coinciden en la inclusión de algunos de los mismos ECA utilizados para este estudio ⁷²⁻⁷⁴. Por lo tanto se alcanzan conclusiones similares a las obtenidas para las variables fuerza, velocidad y agilidad, equilibrio y control postural, coordinación y motricidad fina; aunque como se ha mencionado anteriormente, la principal diferencia de este estudio con las anteriores revisiones acerca de la terapia de RV aplicada en personas con SD es la presencia de meta-análisis de ECA aportando así una mayor evidencia científica.

Como puede observarse en la Tabla 2, los datos extraídos de cada uno de los artículos incluidos en esta RS y meta-análisis son diferentes entre sí. Como consecuencia de esta heterogeneidad en las características de los estudios, se genera controversia respecto a los distintos resultados obtenidos tras la intervención al analizar cada variable:

- Fuerza ^{73,74,76}: Los artículos que analizan esta variable difieren en las características y edad de los participantes, en la intervención desarrollada por el GC y en la duración y frecuencia de la intervención. Por otra parte, todos coinciden en el uso de RV no inmersiva (mediante Wii de manera aislada ^{73,76} o en adición de un previo calentamiento con estiramientos ⁷⁴) para la intervención desarrollada por el GE. Los ECA llevados a cabo por Wuang et al. ⁷³ y Lin & Wuang ⁷⁴ presentan una cantidad de participantes similar y ambos usan BOTMP como instrumento de medida, el cual permite la realización de meta-análisis de datos. De esta forma, se han obtenido resultados favorables mediante la intervención de RV no inmersiva, aunque no puede concluirse que el uso de esta modalidad de RV sea más efectivo que la terapia ocupacional ⁷³ o la ausencia de tratamiento ⁷⁴, ya que el meta-análisis de esta variable no ha sido concluyente.

- Resistencia ^{76,78}: Las publicaciones que estudian esta variable difieren en la cantidad de participantes. Sin embargo, son parecidas las características y edad de los sujetos (población adulta), las intervenciones desarrolladas por GE (RV no inmersiva mediante Wii aislada ⁷⁶ o en adición de calentamiento y vuelta a la calma ⁷⁸) y GC (actividades rutinarias usuales), el número de sesiones totales establecidas con la misma duración y el uso de 6MWT como instrumento de medida en ambos estudios, el cual permite la realización de meta-análisis de datos. De esta manera, se han alcanzado resultados positivos mediante la intervención de RV no inmersiva en la población adulta, pero no puede concluirse que el uso de esta modalidad de RV sea más efectivo que las actividades rutinarias usuales, ya que el meta-análisis de esta variable ha sido inconcluyente.

- Velocidad y agilidad ^{73,74,76}: Los estudios que evalúan esta variable son los mismos que para la fuerza. La única diferencia a resaltar se encuentra en los instrumentos de medida utilizados, ya que en los ECA de Lin & Wuang ⁷⁴ y Silva et al. ⁷⁶ se emplea el test de Shuttle Run, pero debido a la distinta forma de medición (no especificadas) no se puede realizar el meta-análisis de los datos. Aun así, los resultados de la revisión son favorables mediante la intervención de

RV no inmersiva aunque esta mejora no es siempre significativa, por lo que puede concluirse que para esta variable el uso de este tipo de RV es más efectivo que la terapia ocupacional ⁷³ y la ausencia de tratamiento ⁷⁴ pero no que las actividades rutinarias usuales ⁷⁶.

- Flexibilidad ⁷⁶: Se aborda de manera exclusiva en Silva et al. ⁷⁶, por lo que no puede compararse con ninguno de los otros ECA incluidos en la RS. Los resultados de la revisión mediante la terapia de RV no inmersiva en la población adulta son positivos y significativos, por lo que puede concluirse que para la variable esta modalidad de RV es más efectiva que las actividades rutinarias usuales.
- Equilibrio y control postural ^{72,73,75-77}: Los artículos que analizan esta variable difieren en la cantidad de participantes, en la intervención desarrollada por el GC y en la duración y frecuencia de la intervención. No obstante, son parecidas las características y edad de los participantes (a excepción de Silva et al. ⁷⁶, el resto de ECA ronda entre 6-13 años ^{72,73,75,77}), y la intervención desarrollada por el GE (RV no inmersiva mediante Wii aislada ^{73,76,77} o en adición de terapia física ⁷² o Xbox360 en adición de actividades rutinarias habituales ⁷⁵). En concreto, los estudios de Abdel-Rahman ⁷² y Wuang et al. ⁷³ usan BOTMP como instrumento de medida, el cual permite la realización de meta-análisis de datos. De esta manera, se han obtenido resultados favorables mediante la intervención de RV no inmersiva en edad infantil (en su mayoría) y se concluye que el uso de este tipo de RV es más efectivo que otras terapias (terapia física ⁷² o terapia ocupacional estándar ⁷³), ya que el meta-análisis de la variable ha sido concluyente.
- Coordinación ^{73,75}: Las publicaciones que estudian esta variable difieren en la cantidad de participantes, en la intervención desarrollada por el GC, en la duración y frecuencia de la intervención y en los instrumentos de medida utilizados, por lo que no se ha podido realizar meta-análisis de los datos. Por otra parte, son similares las características y edad de los participantes (7-12 años ⁷³ y GE: 9 ± 2.5 años y GC: 8 ± 2.5 años ⁷⁵) y la intervención desarrollada por el

GE (RV no inmersiva mediante Wii ⁷³ o Xbox360 en adición de actividades rutinarias habituales ⁷⁵) en ambos ECA. Aun así, los resultados de la revisión son positivos mediante la intervención de RV no inmersiva en edad infantil aunque esta mejora no es siempre significativa, por lo que puede concluirse que para esta variable el uso de esta modalidad de RV es más efectiva que las actividades rutinarias usuales ⁷⁵ pero no que la terapia ocupacional ⁷³.

- Movilidad funcional ⁷⁶⁻⁷⁸: Los estudios que evalúan esta variable difieren en la cantidad de participantes. Sin embargo, todos coinciden en el uso de RV no inmersiva (mediante Wii de manera aislada ^{76,77} o en adición de calentamiento y vuelta a la calma ⁷⁸) para la intervención del GE y las actividades rutinarias usuales como intervención desarrollada en el GC. Como se ha comentado previamente en la resistencia, los ECA de Silva et al. ⁷⁶ y Perrot et al. ⁷⁸ se parecen en otros parámetros como son las características y edad de los participantes y el número total de sesiones y duración de la intervención, aunque también cabe destacar en este caso el uso del mismo instrumento de medida (TUG) el cual permite la realización de meta-análisis de datos. De esta forma, se han alcanzado resultados favorables mediante la intervención de RV no inmersiva en la población adulta y puede concluirse que en esta variable el uso de este tipo de RV es más efectivo que las actividades rutinarias usuales, ya que el meta-análisis ha sido concluyente.
- Motricidad fina ^{73,77}: Los artículos que analizan esta variable difieren en la cantidad de participantes, en la intervención desarrollada por el GC, en la duración y frecuencia de la intervención y en los instrumentos de medida utilizados, por lo que no se ha podido realizar meta-análisis de los datos. No obstante, son similares las características y edad de los participantes (7-12 años ⁷³ y 6-12 años ⁷⁷) y la intervención desarrollada por el GE (RV no inmersiva mediante Wii) en ambos ECA. Aun así, los resultados de la revisión son positivos mediante la intervención de RV no inmersiva en edad infantil aunque esta mejora no es siempre significativa, por lo que puede concluirse que para esta variable el uso de esta modalidad de RV es más efectiva que las actividades rutinarias usuales ⁷⁷ pero no que la terapia ocupacional ⁷³.

En base a la discusión de los propios resultados obtenidos por los artículos incluidos en esta publicación, se concluye que:

- La terapia de RV muestra resultados favorables en todas las variables, pero no puede considerarse más efectiva que otras intervenciones o la ausencia de tratamiento ya que se dan tanto cambios significativos como no significativos en la comparación.
- Silva et al. ⁷⁶ y Perrot et al. ⁷⁸ son estudios con características similares (a excepción de la cantidad de participantes). Como consecuencia de esta homogeneidad, se sugiere que los resultados encontrados en el meta-análisis de las variables resistencia y movilidad funcional (mediante los instrumentos de medida 6MWT y TUG respectivamente) aportan evidencia científica a la literatura, aunque sólo 2 ECA constituyan cada uno de los análisis de datos.
- La intervención de RV llevada a cabo por el GE en todos los artículos ha sido no inmersiva (ya sea mediante Xbox 360 ⁷⁵ o Wii ^{72-74, 76-78} de manera aislada o en adición de algún modo de calentamiento/entrenamiento) postulándose como una opción terapéutica de frecuente uso, al menos para personas con SD.

En la actualidad, las consolas comerciales y videojuegos (que componen entre otros dispositivos la RV no inmersiva) son una alternativa barata y de fácil acceso para gran parte de la población mundial ^{29,31}. Aún así, la sensación de inmersión, presencia e interacción por parte del usuario con el entorno virtual generado puede tener limitaciones a la hora de desarrollar movimientos parecidos a los del mundo real ²⁸; esta barrera sumada al deterioro progresivo de las funciones cognitivas y ejecutivas que sufren los individuos con SD ^{1-3,6} supone la posible explicación de los cambios positivos pero en ocasiones no tan significativos encontrados al comparar la RV con otras intervenciones o ausencia de tratamiento. Ante este hecho se sugiere la realización de ECA que utilicen sistemas de RV semi-inmersivos o inmersivos, los cuales lograrían una mayor atención del participante en el mundo virtual y podrían suponer beneficios en la mejora y recuperación de las debilidades presentadas.

5.2- LIMITACIONES Y FUTURAS RECOMENDACIONES

La presente RS presenta una serie de restricciones comentadas a continuación:

- Tras el protocolo de cribado realizado para la selección de publicaciones incluidas en la RS sólo 8 estudios cumplían los criterios establecidos, lo cual es una baja cantidad de artículos para sacar conclusiones totalmente sólidas.

- La cantidad de individuos que conforman el tamaño muestral, la edad de estos y el tipo de intervención realizada tanto por los GE como por los GC (y su duración y frecuencia) en cada estudio son muy heterogéneas, lo cual dificulta generalizar los resultados y genera desconocimiento con respecto a qué características tienen mayor influencia a la hora de conseguir mejores resultados.

- No se ha podido integrar el análisis estadístico en todas las variables de estudio debido al uso variado de instrumentos de medida y a la insuficiente información proporcionada en los artículos.

- La calidad metodológica y el riesgo de sesgo evidencian la falta de ciego en algunos estudios para los evaluadores, por lo tanto ha podido llegar a influir en los resultados el conocimiento de que los participantes pertenecieran a los GE o GC.

Futuras investigaciones que aborden el estudio de las capacidades físicas y psicomotrices de individuos con este diagnóstico a largo plazo y con un mayor tamaño muestral son necesarias para enfatizar los beneficios de la RV. Además, sería útil la búsqueda bibliográfica realizando el contraste entre los distintos tipos de RV (no inmersiva, semi-inmersiva e inmersiva) o la comparación de las consolas mencionadas con otras de nueva generación (por ejemplo, Nintendo Switch mediante el videojuego Ring Fit Adventure) con la finalidad de observar qué intervención tiene mejores resultados en el tratamiento y así poder reforzar la evidencia encontrada en la RS de este Trabajo Fin de Máster.

5.3- CONCLUSIONES

En la presente RS y meta-análisis se muestra un resumen de la evidencia científica acerca de la intervención de RV en personas diagnosticadas con SD. En respuesta a los objetivos planteados de manera inicial se concluye que:

- La terapia con sistemas de RV obtiene resultados favorables pero no puede considerarse que tenga una mayor efectividad en comparación con otras intervenciones o la ausencia de tratamiento en la población con SD.
- Mediante las intervenciones basadas en RV se han obtenido resultados positivos en las pruebas que abordan las capacidades físicas y psicomotrices evaluadas, pero sólo se muestran cambios significativos en equilibrio y control postural y movilidad funcional en los individuos con SD. La heterogeneidad en los instrumentos de medición usados en los estudios dificulta extraer evidencias concluyentes sobre ello.
- Los artículos evaluados se han limitado al tratamiento con RV no inmersiva mediante el uso de consolas comerciales y videojuegos, por lo que no se han conocido otras opciones terapéuticas dentro de este ámbito para la intervención de personas con SD.

Los hallazgos encontrados sugieren que la terapia de RV se recomienda con moderada evidencia para la mejora de capacidades físicas y psicomotrices en la población con SD. No obstante, también podría plantearse su uso de manera conjunta con otras técnicas de intervención como alternativa para complementar el tratamiento global.

* No se han recibido fuentes de financiación de ninguna entidad para la investigación, autorización y/o publicación de este artículo de RS y meta-análisis.

* No ha existido conflicto de interés alguno durante la realización del presente artículo.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- 1) Epstein CJ. Down Syndrome. En: Hobson JA. Abnormal States of Brain and Mind. New York: Birkhäuser Basel; 1993. p. 43-4.
- 2) Capone GT. Down Syndrome. En: Johnston MV, Adams HP, Fatemi A. Neurobiology of Disease. 2ª ed. United States of America: Oxford University Press; 2016. p. 397-404.
- 3) Hayes A, Batshaw ML. Down syndrome. *Pediatr Clin North Am*. 1993;40(3):523–35.
- 4) Kruszka P, Porras AR, Sobering AK, Ikolo FA, La Qua S, Shotelersuk V, et al. Down syndrome in diverse populations. *Am J Med Genet Part A*. 2017;173(1):42-53.
- 5) Sureshbabu R, Kumari R, Subramaniam R, Sathyamoorthy R, Udayashankar C, Oudeacoumar P. Phenotypic and dermatological manifestations in Down Syndrome. *Dermatol Online J*. 2011;17(2):3.
- 6) Coppedè F. Risk factors for Down syndrome. *Arch Toxicol*. 2016;90(12):2917-29.
- 7) Ezzell Hunter J, Graves Allen E, Shin M, Bean LJ, Correa A, Druschel C, et al. The association of low socioeconomic status and the risk of having a child with Down syndrome: a report from the National Down Syndrome Project. *Genet Med*. 2013; 15(9):698–705.
- 8) Verma IC, Mathew S, Elango R, Shukla A. Cytogenetic studies in Down syndrome. *Indian Pediatr*. 1991;28(9):991-6.
- 9) World Down Syndrome Day | United Nations. [Consultado 14 abril 2021]. Disponible en: <https://www.un.org/en/observances/down-syndrome-day>
- 10) Tasa de población con discapacidad que tiene diagnosticadas determinadas enfermedades crónicas según la enfermedad por CCAA y sexo. [Consultado 14 abril

2021]. Disponible en:

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p02/modulo1/10/&file=04028.px#!tabs-tabla>

11) De Graaf G, Buckley F, Skotko BG. Estimation of the number of people with Down syndrome in Europe. *Eur J Hum Genet.* 2021;29(3):402-10.

12) Huete-García A. Demografía e inclusión social de las personas con síndrome de Down. *Rev Sínd Down.* 2016;129:38-50.

13) Arango PS, Aparicio A, Tenorio M. Developmental trajectories of children with Down syndrome by socio-economic status: the case of Latin America. *J Intellect Disabil Res.* 2018;62(9):759–74.

14) Capone G. Pharmacotherapy for children with Down syndrome. En: Rondal JA, Perera J, Spiker D. *Neurocognitive Rehabilitation of Down Syndrome: Early years.* New York: Cambridge University Press; 2011. p. 96-116.

15) Sherman WR, Craig AB. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design.* Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers; 2003. p. 25-81.

16) Weiss P, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation. En: Selzer ME, Clarke S, Cohen LG, Duncan PW, Gage FH. *Textbook of Neural Repair and Neurorehabilitation, Volume 2.* Cambridge University Press; 2005. p. 182-97.

17) Robles García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? *Fisioterapia.* 2018;40(1):1-3.

18) Bayón M, Martínez J. Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual. *Rehabilitación.* 2010;44(3):256-60.

19) Bamodu O, Ye XM. Virtual Reality and Virtual Reality System Components. *Adv Mat Res.* 2013;765–767:1169–72.

- 20) Biocca F, Delaney B. Immersive Virtual Reality Technology. En: Biocca F, Levy MR. Communication in the age of Virtual Reality. 1ª ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers; 1995. p. 57-60.
- 21) Foreman KB, Wilson C, Dibble LE, Merryweather AS. Training persons with Parkinson disease using an advanced CAVE virtual reality system. En: Experimental Biology 2019 Meeting. Orlando, USA; 2019.
- 22) An CM., Park YH. The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study. J Spinal Cord Med. 2018, 41:223–9.
- 23) Bevilacqua R, Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, Pelliccioni P, Luzi R, et al. Non-Immersive Virtual Reality for Rehabilitation of the Older People: A Systematic Review into Efficacy and Effectiveness. J Clin Med. 2019,8: 1-14.
- 24) Yao S, Kim G. The Effects of Immersion in a Virtual Reality Game: Presence and Physical Activity. En: Fang X. International Conference on Human-Computer Interaction: HCI in Games. 1ª ed. United States of America: Springer; 2019. p. 234-42.
- 25) Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. Nat Rev Neurosci. 2005; 6:332-9.
- 26) Martin-Martin J, Cuesta-Vargas AI, Labajos-Manzanares MT. Efectividad clínica de la intervención terapéutica sobre la mano con realidad virtual en sujetos hemipléjicos: revisión sistemática. Fisioterapia. 2015; 37(1): 27-34.
- 27) Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. Cyberpsychol Behav. 2005; 8: 187-211.
- 28) Esposito M, Ruberto M, Gimigliano F, Marotta R, Gallai B, Parisi L et al. Effectiveness and safety of Nintendo Wii Fit Plus™ training in children with migraine

without aura: a preliminary study. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2013;9:1803-10.

29) Viau A, Feldman AG, McFadyen BJ, Levin MF. Reaching in reality and virtual reality: a comparison of movement kinematics in healthy subjects and in adults with hemiparesis. *J Neuroeng Rehabil.* 2004; 1(1): 11.

30) Matallaoui A, Koivisto J, Hamari J, Zarnekow R. How Effective Is “Exergamification”? A Systematic Review on the Effectiveness of Gamification Features in Exergames. En: *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.* University of Hawaii at Manoa: HICSS; 2017. p. 3316-25.

31) Khundam C, Noël F. A Study of Physical Fitness and Enjoyment on Virtual Running for Exergames. *Int J Comput Games Technol.* 2021; 2021:1-16.

32) Reis E, Postolache G, Teixeira L, Arriaga P, Lima ML, Postolache O. Exergames for motor rehabilitation in older adults: an umbrella review. *Phys Ther Rev.* 2019; 24: 84-99.

33) Desai K, Prabhakaran B, Ifejika N, Annaswamy TM. Personalized 3D exergames for in-home rehabilitation after stroke: a pilot study. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2021; 16: 1-10.

34) Skjæret N, Nawaz A, Morat T, Schoene D, Helbostad JL, Vereijken, B. Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *Int J Med Inform.* 2015; 85(1): 1-16.

35) Pirovano M, Surer E, Mainetti R, Lanzi PL, Borghese NA. Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames. *Entertain Comput.* 2016; 14: 55-65.

36) Maïano C, Hue O, Lepage G, Morin AJS, Tracey D, Moullec G. Do Exercise Interventions Improve Balance for Children and Adolescents With Down Syndrome? A Systematic Review. *Phys Ther.* 2019;99(5): 507-18.

- 37) Li C, Chen S, Meng-How Y, Zhang AL. Benefits of physical exercise intervention on fitness of individuals with Down syndrome. *Int J Rehabil Res.* 2013; 36(3):187–95.
- 38) Paul Y, Ellapen TJ, Barnard M, Hammill HV, Swanepoel M. The health benefits of exercise therapy for patients with Down syndrome: A systematic review. *Afr J Disabil.* 2019; 8: 1-9.
- 39) Hardee JP, Feters L. The effect of exercise intervention on daily life activities and social participation in individuals with Down syndrome: A systematic review. *Res Dev Disabil.* 2017; 62: 81–103.
- 40) Ruiz-González L, Lucena-Antón D, Salazar A, Martín-Valero R, Moral-Munoz JA. Physical therapy in Down syndrome: systematic review and meta-analysis. *J Intellect Disabil Res.* 2019;63(8):1041-67.
- 41) Sugimoto D, Bowen SL, Meehan WP, Stracciolini A. Effects of Neuromuscular Training on Children and Young Adults with Down Syndrome: Systematic Review and Meta-Analysis. *Res Dev Disabil.* 2016; 55: 197–206.
- 42) Ren Z, Wu J. The Effect of Virtual Reality Games on the Gross Motor Skills of Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2019; 16(20): 3885.
- 43) Fandim JV, Saragiotto BT, Porfírio GJM, Santana RF. Effectiveness of virtual reality in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2020. Article in press. DOI: 10.1016/j.bjpt.2020.11.003.
- 44) Wu J, Loprinzi PD, Ren Z. The Rehabilitative Effects of Virtual Reality Games on Balance Performance among Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2019; 16(21): 4161.

- 45) Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H, Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez JA. Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: An evidence-based systematic review. *Sensors*. 2018;18(8): 2486.
- 46) Fang Q, Aiken CA, Fang C, Pan Z. Effects of Exergaming on Physical and Cognitive Functions in Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *Games Health J*. 2019;8(2):74–84.
- 47) Karamians R, Proffitt R, Kline D, Gauthier LV. Effectiveness of Virtual Reality and Gaming-Based Interventions for Upper Extremity Rehabilitation Post-stroke: A Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(5):885–96.
- 48) Domínguez-Téllez P, Moral-Muñoz JA, Salazar A, Casado-Fernández E, Lucena-Antón D. Game-Based Virtual Reality Interventions to Improve Upper Limb Motor Function and Quality of Life after Stroke: Systematic Review and Meta-analysis. *Games Health J*. 2020;9(1):1–10.
- 49) Dominguez-Tellez P, Moral-Munoz JA, Casado-Fernandez E, Salazar A, Lucena-Anton D. Efectos de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en el ictus: revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Neurol*. 2019; 69: 223-34.
- 50) Abou L, Malala VD, Yarnot R, Alluri A, Rice LA. Effects of Virtual Reality Therapy on Gait and Balance Among Individuals With Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2020;34(5):375–88.
- 51) De Miguel-Rubio A, Dolores Rubio M, Alba-Rueda A, Salazar A, Moral-Munoz JA, Lucena-Anton D. Virtual reality systems for upper limb motor function recovery in patients with spinal cord injury: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(12):1-15.
- 52) De Miguel-Rubio A, Rubio MD, Salazar A, Camacho R, Lucena-Anton D. Effectiveness of Virtual Reality on Functional Performance after Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med*.

2020;9(7):2065.

53) De Miguel-Rubio A, Rubio MD, Salazar A, Moral-Munoz JA, Requena F, Camacho R, et al. Is Virtual Reality Effective for Balance Recovery in Patients with Spinal Cord Injury? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2020;9(9):2861.

54) Casuso-Holgado MJ, Martín-Valero R, Carazo AF, Medrano-Sánchez EM, Cortés-Vega MD, Montero-Bancalero FJ. Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2018;32(9):1220–34.

55) Dalmazane M, Gallou-Guyot M, Compagnat M, Magy L, Montcuquet A, Billot M, et al. Effects on gait and balance of home-based active video game interventions in persons with multiple sclerosis: A systematic review. *Mult Scler Relat Disord*. 2021;51:102928.

56) Chen Y, Gao Q, He CQ, Bian R. Effect of Virtual Reality on Balance in Individuals with Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther*. 2020;100(6):933–45.

57) Triegaardt J, Han TS, Sada C, Sharma S, Sharma P. The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants. *Neurol Sci*. 2020;41(3):529–36.

58) Mura G, Carta MG, Sancassiani F, Machado S, Prosperini L. Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2018;54(3):450–62.

59) Hickman R, Popescu L, Manzanares R, Morris B, Lee SP, Dufek JS. Use of active video gaming in children with neuromotor dysfunction: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2017;59(9):903–11.

60) Kokol P, Vošner HB, Završnik J, Vermeulen J, Shohieb S, Peinemann F. Serious

Game-based Intervention for Children with Developmental Disabilities. *Curr Pediatr Rev.* 2020;16(1):26–32.

61) Palma-Lopes JB, Duarte NAC, Lazzari RD, Oliveira CS. Virtual reality in the rehabilitation process for individuals with cerebral palsy and Down syndrome: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(4):479–83.

62) Staiano AE, Flynn R. Therapeutic Uses of Active Videogames: A Systematic Review. *Games Health J.* 2014;3(6):351–65.

63) De Carvalho-Mello BC, Ramalho TF. Uso da realidade virtual no tratamento fisioterapêutico de indivíduos com Síndrome de Down. *Rev Neurocienc.* 2015;23(1):143–9.

64) De Menezes LDC, Massetti T, Rocha-Oliveira F, De Abreu LC, Herrero D, Pinheiro-Malheiros SR, et al. Motor Learning And Virtual Reality In Down Syndrome - A Literature Review. *Int Arch Med.* 2015; 8 (119):1–11.

65) Ruvira-Quintana L, Piñero-Pinto E. Fisioterapia y realidad virtual para mejorar el equilibrio en niños/as con síndrome de Down: revisión sistemática. *Cuest Fisiot Esp.* 2020;49(1): 65-71.

66) Mohamed RA, Abdel-Rahman S, Aly MG. Virtual Reality for Motor Rehabilitation of Children with Down Syndrome: Systematic Review. *Med J Cairo Univ.* 2019;87(2):1117–23.

67) Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097.

68) Costantino G, Montano N, Casazza G. When should we change our clinical practice based on the results of a clinical study? Searching for evidence: PICOS and PubMed. *Intern Emerg Med.* 2015; 10(4):525-7.

- 69) Higgins JPT, Altman DG, Gotzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Br Med J*. 2011; 343: d5928.
- 70) Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003; 83: 713-21.
- 71) Foley NC, Teasell RW, Bhogal SK, Speechley MR. Stroke Rehabilitation Evidence-Based Review: Methodology. *Top Stroke Rehabil*. 2003;10(1):1–7.
- 72) Abdel-Rahman S. Efficacy of Virtual Reality-Based Therapy on Balance in Children with Down Syndrome. *World Appl Sci J*. 2010;10(3):254–61.
- 73) Wuang YP, Chiang CS, Su CY, Wang CC. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. 2011;32(1):312–21.
- 74) Lin HC, Wuang YP. Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil*. 2012;33(6): 2236–44.
- 75) Gouveia-Reis JR, Merussi-Neiva C, Pessoa-Filho DM, Gomes-Ciolac E, Lopes-Verardi CE, Da Cruz-Siqueira LO, et al. Virtual Reality Therapy: motor coordination and balance analysis in children and teenagers with Down syndrome. *Euro J Hum Mov*. 2017;38:53–67.
- 76) Silva V, Campos C, Sá A, Cavadas M, Pinto J, Simões P, et al. Wii-based exercise program to improve physical fitness, motor proficiency and functional mobility in adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2017;61(8):755–65.
- 77) Gómez-Álvarez N, Venegas-Mortecinos A, Zapata-Rodríguez V, López-Fontanilla M, Maudier-Vásquez M, Pavez-Adasme G, et al. Effect of an intervention based on

virtual reality on motor development and postural control in children with Down syndrome. *Rev Chil Pediatr.* 2018;89(6):747–52.

78) Perrot A, Maillot P, Le Foulon A, Rebillat AS. Effect of exergaming on physical fitness, functional mobility, and cognitive functioning in adults with Down syndrome. *Am J Intellect Dev Disabil.* 2020;126(1):34–44.

ANEXOS

Sección/tema	#	Ítem	Presente en página #
TÍTULO			
Título	1	Identificar la publicación como revisión sistemática, metaanálisis o ambos.	1
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Facilitar un resumen estructurado que incluya, según corresponda: antecedentes; objetivos; fuente de los datos; criterios de elegibilidad de los estudios, participantes e intervenciones; evaluación de los estudios y métodos de síntesis; resultados; limitaciones; conclusiones e implicaciones de los hallazgos principales; número de registro de la revisión sistemática.	11
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describir la justificación de la revisión en el contexto de lo que ya se conoce sobre el tema.	29
Objetivos	4	Plantear de forma explícita las preguntas que se desea contestar en relación con los participantes, las intervenciones, las comparaciones, los resultados y el diseño de los estudios (PICOS).	31
MÉTODOS			
Protocolo y registro	5	Indicar si existe un protocolo de revisión al se pueda acceder (por ejemplo, dirección web) y, si está disponible, la información sobre el registro, incluyendo su número de registro.	33
Criterios de elegibilidad	6	Especificar las características de los estudios (por ejemplo, PICOS, duración del seguimiento) y de las características (por ejemplo, años abarcados, idiomas o estatus de publicación) utilizadas como criterios de elegibilidad y su justificación.	34-35
Fuentes de información	7	Describir todas las fuentes de información (por ejemplo, bases de datos y períodos de búsqueda, contacto con los autores para identificar estudios adicionales, etc.) en la búsqueda y la fecha de la última búsqueda realizada.	33
Búsqueda	8	Presentar la estrategia completa de búsqueda electrónica en, al menos, una base de datos, incluyendo los límites utilizados de tal forma que pueda ser reproducible.	34
Selección de los estudios	9	Especificar el proceso de selección de los estudios (por ejemplo, el cribado y la elegibilidad incluidos en la revisión sistemática y, cuando sea pertinente, incluidos en el metaanálisis).	35
Proceso de recopilación de datos	10	Describir los métodos para la extracción de datos de las publicaciones (por ejemplo, formularios dirigidos, por duplicado y de forma independiente) y cualquier proceso para obtener y confirmar datos por parte de los investigadores.	35
Lista de datos	11	Listar y definir todas las variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, PICOS, fuente de financiación) y cualquier asunción y simplificación que se hayan hecho.	35-36
Riesgo de sesgo en los estudios individuales	12	Describir los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios individuales (especificar si se realizó al nivel de los estudios o de los resultados) y cómo esta información se ha utilizado en la síntesis de datos.	36
Medidas de resumen	13	Especificar las principales medidas de resumen (por ejemplo, razón de riesgos o diferencia de medias).	36
Síntesis de resultados	14	Describir los métodos para manejar los datos y combinar resultados de los estudios, si se hiciera, incluyendo medidas de consistencia (por ejemplo, I ²) para cada metaanálisis.	36

Sección/tema	#	Ítem	Presente en pagina #
Riesgo de sesgo entre los estudios	15	Especificar cualquier evaluación del riesgo de sesgo que pueda afectar la evidencia acumulativa (por ejemplo, sesgo de publicación o comunicación selectiva).	-
Análisis adicionales	16	Describir los métodos adicionales de análisis (por ejemplo, análisis de sensibilidad o de subgrupos, metarregresión), si se hiciera, indicar cuáles fueron preespecificados.	-
RESULTADOS			
Selección de estudios	17	Facilitar el número de estudios cribados, evaluados para su elegibilidad e incluidos en la revisión, y detallar las razones para su exclusión en cada etapa, idealmente mediante un diagrama de flujo.	40
Características de los estudios	18	Para cada estudio presentar las características para las que se extrajeron los datos (por ejemplo, tamaño, PICOS y duración del seguimiento) y proporcionar las citas bibliográficas.	41-43
Riesgo de sesgo en los estudios	19	Presentar datos sobre el riesgo de sesgo en cada estudio y, si está disponible, cualquier evaluación del sesgo en los resultados (ver ítem 12).	48-49
Resultados de los estudios individuales	20	Para cada resultado considerado para cada estudio (beneficios o daños), presentar: a) el dato resumen para cada grupo de intervención y b) la estimación del efecto con su intervalo de confianza, idealmente de forma gráfica mediante un diagrama de bosque (forest plot).	44-47
Síntesis de los resultados	21	Presentar resultados de todos los metaanálisis realizados, incluyendo los intervalos de confianza y las medidas de consistencia.	44-47
Riesgo de sesgo entre los estudios	22	Presentar los resultados de cualquier evaluación del riesgo de sesgo entre los estudios (ver ítem 15).	-
Análisis adicionales	23	Facilitar los resultados de cualquier análisis adicional, en el caso de que se hayan realizado (por ejemplo, análisis de sensibilidad o de subgrupos, metarregresión [ver ítem 16])	-
DISCUSIÓN			
Resumen de la evidencia	24	Resumir los hallazgos principales, incluyendo la fortaleza de las evidencias para cada resultado principal; considerar su relevancia para grupos clave (por ejemplo, proveedores de cuidados, usuarios y decisores en salud).	51-56
Limitaciones	25	Discutir las limitaciones de los estudios y de los resultados (por ejemplo, riesgo de sesgo) y de la revisión (por ejemplo, obtención incompleta de los estudios identificados o comunicación selectiva).	57
Conclusiones	26	Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias, así como las implicaciones para la futura investigación.	58
FINANCIACIÓN			
Financiación	27	Describir las fuentes de financiación de la revisión sistemática y otro tipo de apoyos (por ejemplo, aporte de los datos), así como el rol de los financiadores en la revisión sistemática.	58

